

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2003年7月24日 (24.07.2003)

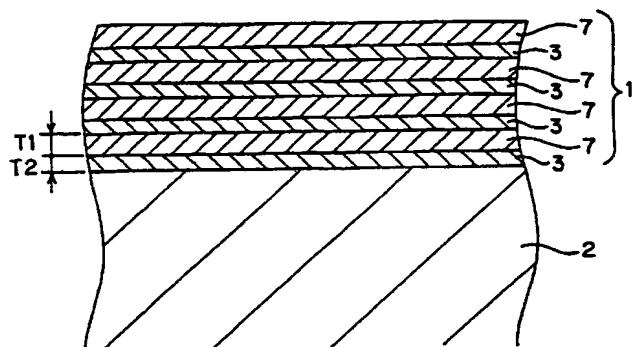
PCT

(10)国際公開番号
WO 03/060933 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01F 10/16
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/00163
- (22) 国際出願日: 2003年1月10日 (10.01.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 优先権データ:
 特願2002-007059 2002年1月16日 (16.01.2002) JP
 特願2002-117079 2002年4月19日 (19.04.2002) JP
 特願 2002-366192 2002年12月18日 (18.12.2002) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ティーディーケイ株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
 (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 崔京九 (CHOI,Kyung-Ku) [KR/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内 Tokyo (JP). 村瀬琢 (MURASE,Taku) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内 Tokyo (JP). 山崎陽太郎 (YAMAZAKI,Yohtaro) [JP/JP]; 〒226-0026 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 大場充 (OBA,Mitsuru); 〒101-0032 東京都千代田区岩本町1丁目4番3号 KMビル8階 大場国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, NL).
- 規則4.17に規定する申立て:
 — すべての指定国のための不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4.17(v))
- 添付公開書類:
 — 國際調査報告書
 — 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドノート」を参照。

(54) Title: HIGH-FREQUENCY MAGNETIC THIN FILM, COMPOSITE MAGNETIC THIN FILM, AND MAGNETIC DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 高周波用磁性薄膜、複合磁性薄膜およびそれを用いた磁気素子



(57) Abstract: A high-frequency magnetic thin film characterized by comprising a first layer made of a T-L composite (where T is Fe or FeCo, and L is one or two kinds of C, B, and N) and a second layer formed on one side of the first layer and made of a Co-based noncrystalline alloy. The high-frequency magnetic thin film has a multilayer structure of a plurality of the first layers and a plurality of the second layers or desirably has a multilayer structure of alternated first and second layers. The thin film has characteristics such that the real part (μ') of the complex permeability is 400 or more at 1 GHz, a performance index Q ($Q = \mu' / \mu''$) is 4 or more, and a saturation magnetization is 14 kG (1.4T) or more.

WO 03/060933 A1

REST AVAILABLE COPY

(統葉有)



(57) 要約:

T-L組成物（ただし、T=FeまたはFeCo、L=C、BおよびNの1種または2種以上）からなる第1の層と、第1の層のいずれかの面側に配置されたCo系非結晶質合金からなる第2の層とを含むことを特徴とする高周波用磁性薄膜を提供する。本発明の高周波用磁性薄膜は、複数の第1の層と複数の第2の層とが積層、望ましくは交互に積層された多層膜構造によって構成されることが望ましい。本発明の高周波用磁性薄膜は、1 GHzにおける複素透磁率の実数部（ μ' ）が400以上で、かつ性能指数Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）が4以上、飽和磁化が14 kG（1.4 T）以上の特性を得ることができる。

- 1 -

明 細 書

高周波用磁性薄膜、複合磁性薄膜およびそれを用いた磁気素子

技術分野

5 本発明は、高い飽和磁化を有するとともに、GHzの高周波帯域で高い透磁率および性能指数Qを示す磁性薄膜に関し、特に、薄膜インダクタや薄膜トランジスタなどの高周波用平面型磁気素子、あるいはモノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）に用いられる磁性薄膜およびインダクタに関する。

10 背景技術

磁気素子の小型化、高性能化に伴い、高い飽和磁化を有し、かつGHzの高周波数帯域における透磁率が高い磁性薄膜材料が求められている。

例えれば、ワイヤレス送受信装置や携帯情報端末を中心に需要が高まっているモノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）は、Si、GaAs、InPなどの半導体基板上に、トランジスタなどの能動素子と、線路、抵抗、キャパシタ、インダクタなどの受動素子とを、一括的かつ一体的に作製して構成される高周波集積回路である。

このようなMMICにおいては、受動素子、特にインダクタやキャパシタが能動素子に比べ、大きな面積を占めている。このような受動素子の大面積の占有は、結果として、高価な半導体基板の大量消費、すなわち、MMICのコストアップにつながる。従って、チップ面積を縮小し、MMICの製造コストを低減するために、受動素子が占める面積を縮小することが課題となっている。

MMICのインダクタとしては平面型のスパイラルコイルが多く用いられている。そのスパイラルコイルの上下面、或いは片面に軟磁性薄膜を挿入し、インダクタンスを増加させる方法（換言すれば、小さな占有面積でも従来のインダクタンスが得られる方法）がすでに提案されている（例えば、J. Appl. Phys. 85, 7919 (1999)）。

- 2 -

しかしながら、磁性材料をMM I Cのインダクタへ応用するためには、先ず、GHzの高周波数帯域における透磁率が高く、かつ損失が少ない薄膜磁性材料を開発することが求められている。さらには渦電流損失を減ずる為に比抵抗が大きいことも求められている。

5 従来、高い飽和磁化を持つ磁性材料としてFeあるいはFeCoを主成分とする合金が良く知られている。ところが、Fe系またはFeCo系合金からなる磁性薄膜をスパッタなどの成膜技術により作製すると、その膜の飽和磁化は高いものの、保磁力が大きく、また、比抵抗が小さくなってしまい良好な高周波特性を得ることは困難であった。

10 一方で、軟磁気特性が優れている材料として、Co系非結晶質合金が知られている。このCo系非結晶質合金は、Coを主成分としY, Ti, Zr, Hf, Nb, Taなどから選択される1種または2種以上の元素を含む非結晶質を主体とするものである。ところがゼロ磁歪組成のCo系非結晶質合金の磁性薄膜をスパッタなどの成膜技術により作製すると、その膜の透磁率は大きいものの、
15 飽和磁化が11kG(1.1T)程度であり、Fe系に比べて小さい。さらに、100MHz程度の周波数およびこれを超えてから損失成分(透磁率の虚数部 μ'')が大きくなり、性能指数Q値が1以下となり、GHzの高周波帯域で使用する磁性材料としては好適とは言えない。

20 このような適用困難な材料を用いてGHz帯のインダクタを実現させるために、磁性薄膜をマイクロワイヤ化させ、形状異方性エネルギーを増大させることにより、共鳴周波数を高周波化する試みも行われている(例えば、日本応用磁気学会誌、24, 879(2000))。しかしながら、この方法では工程が複雑となってしまうばかりか、さらに、磁性薄膜の実効透磁率が低下してしまうという問題がある。

25 このような実情のもとに従来より、軟磁性薄膜の高周波特性を改良するために種々の提案がなされてきた。その改良の基本方針としては、渦電流損失を抑制せたり、あるいは共鳴周波数を上昇させることなどが挙げられる。渦電流損失を抑制させる具体的な方策としては、例えば、磁性層/絶縁層(高抵抗層)

- 3 -

との積層による多層化（例えば、特開平7-249516号公報）や、金属-非金属（酸化物、フッ化物）のグラニュラー化（例えば、J. Appl. Phys. 79, 5130 (1996)）などが提案されている。しかしながら、これらの方では、高抵抗の非磁性相が挿入されているために、飽和磁化が低下するという問題が生じる。また、
5 金属-非金属のグラニュラー膜の場合は、透磁率が200以下であり、透磁率が低いという問題もある。

一方、軟磁性層と高飽和磁化層を交互に積層した多層膜による高飽和磁化薄膜についての検討も行われている。すなわち、CoZr/Fe（日本応用磁気学会誌、16, 285 (1992)）、FeBN/FeN（特開平5-101930号公報）、Fe
10 CrB/Fe（J. Appl. Phys. 67, 5131 (1990)）、Fe-Hf-C/Fe（日本応用磁気学会誌、15, 403 (1991)）など様々な組み合わせの例が報告されている。これらのものはいずれも飽和磁化を高くすることには効果がある。しかしながら、これらのものはいずれも高周波帯域での透磁率が大きくならず、GHz周波数帯域への応用は期待できない。

15 このような実状のもとに本発明は創案されたものであり、その目的は、GHz帯域の高周波領域で、高い透磁率を有し、かつ高い飽和磁化を有する高周波用磁性薄膜を提供することにある。また、本発明は、そのような磁性薄膜を用いた磁気素子を提供することを目的とする。

20 発明の開示

本発明の高周波用磁性薄膜は、数100MHz以上の中波数帯域、特に、1GHz以上の中波数帯域で使用することができる。このような高周波帯域における透磁率（以下、単に「高周波透磁率」と称す）は、試料の様々な物性と複雑に関係する物性である。この透磁率がもっとも関係が密なものとして、
25 異方性磁界と飽和磁化がある。概ね、透磁率と共鳴周波数の積は、異方性磁界の1/2乗および飽和磁化の3/2乗に比例する関係にある。

共鳴周波数は、

$$f_r = (\gamma / 2\pi) [H_k 4 \pi M_s]^{1/2} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

- 4 -

という関係式(1)で表される。ここで、 f_r は共鳴周波数を表し、 γ はジャイロ磁気定数を表し、 H_k は異方性磁界を表し、 $4\pi M_s$ は飽和磁化を表している。

従って、材料の異方性磁界および飽和磁化を大きくすることで共鳴周波数を上げ、使用限界周波数を上げることが可能となる。従来のCo系非結晶質合金薄膜の代表的な一例であるCoZrNb非結晶質合金薄膜の共鳴周波数を2GHzまで向上させるために必要な異方性磁界を上記式(1)を用いて計算してみると。すると、440e(3501.52A/m)以上の異方性磁界を必要とすることが算出される。この算出結果により、通常、150e(1193.7A/m)程度の異方性磁界しか持たない当該膜を、GHz周波数帯域へ応用することは困難であることが分かる。ところが、2GHzの共鳴周波数を実現するために必要とされる異方性磁界は、飽和磁化が、14kG(1.4T)の場合は360e(2864.88A/m)、18kG(1.8T)の場合は280e(2228.24A/m)となり、飽和磁化および結晶磁気異方性が大きいFe系合金またはFeCo系合金との組み合わせにより必要な飽和磁化および異方性磁界を実現することが期待できる。

従来より、FeあるいはFeCoを主成分とする合金は高飽和磁化を示す材料として広く知られていた。しかしながら、Fe系またはFeCo系合金の磁性薄膜をスパッタなどの成膜技術により作製すると、飽和磁化は高いものの、保磁力が大きく、また比抵抗が小さくなってしまい良好な高周波特性を得ることが困難であった。その主原因としては、以下のことが考えられていた。すなわち、第2図に示すように、スパッタなどで成膜したFe系またはFeCo系の薄膜101は、基板100の垂直方向に柱状に成長しており、この柱状構造に起因する垂直磁気異方性の発生が問題とされていた。

しかしながら、本発明者らが鋭意研究したところ、Feに所定量のC(炭素)添加したFe-C薄膜において以下のことを知見した。

(1) 所定厚さを有するFe-C薄膜も柱状構造をなすが、厚さが70nm程度以下であれば、柱状構造のアスペクト比(柱の長さと巾の比、長さ÷巾)が小さいために優れた軟磁気特性が得られる。具体的には、柱状成長しているF

- 5 -

e-Cの平均巾は約5.0 nmであり、柱状構造のアスペクト比が1.4以下となる厚さ7.0 nm程度までは、柱状構造による軟磁気特性の劣化を抑制できる。このようなアスペクト比のFe-C薄膜を得るためにには、第3図に示すように、Co系非結晶質合金薄膜111をFe-C薄膜112とFe-C薄膜112との間に介在させることが有効である。そうすることによって、Fe-C結晶粒の連続的な柱状構造の成長を阻止することができるからである。

(2) Fe-C薄膜の成長過程を綿密に調査したところ、厚さ3 nm以下程度までの膜成長初期段階においては、結晶粒径が3 nm以下の微結晶状態になり、さらに、不安定な表面の割合が多くなるため、非結晶質(アモルファス)の特徴が現れる。つまり、第4図に示すように、Fe-C薄膜121は基板120上に形成された非結晶質構造部分121aと、非結晶質構造部分121a上に形成される柱状構造部分121bとから構成される。非結晶質であることは、X線回折により、Fe-C薄膜の場合にはFe-Cのbcc(110)結晶面の回折ピークが現れないことから判断すればよい。このような非結晶質構造の薄膜は、柱状構造にならないことはもちろん、非結晶質構造に起因する高抵抗(100 μΩ cm以上)特性が得られる。したがって、Co系非結晶質合金薄膜と積層する形態を採択すれば、軟磁気特性はもちろん高抵抗化が実現でき、GHz帯域における透磁率が大きいとともに、渦電流損失が抑制され性能指数が大きい磁性薄膜を得ることができる。

(3) 以上の(1)、(2)の事項は、Fe-C薄膜に限らず、FeCo-C薄膜、さらにはCをBまたはNで置換した場合でも有効である。

すなわち、本発明は、上述したように軟磁気特性に優れているCo系非結晶合金の薄膜と、高飽和磁化かつ高異方性磁界を持つFe-(C, B, N)またはFeCo-(C, B, N)薄膜とを積層させて、GHz領域(1 GHz)で透磁率の実数部(μ')が200以上で、かつ性能指数Q(Q=μ'/μ'')が1以上、飽和磁化が12 kG(1.2 T)以上の特性を容易に得ることができる高周波用の複合磁性薄膜の提供を可能にしたのである。

- 6 -

したがって本発明は、T-L組成物（ただし、T=FeまたはFeCo、L=C, BおよびNの1種または2種以上）からなる第1の層と、第1の層のいずれかの面側に配置されたCo系非結晶質合金からなる第2の層とを含むことを特徴とする高周波用磁性薄膜を提供する。

5 本発明の高周波用磁性薄膜は、複数の第1の層と複数の第2の層とが積層、望ましくは交互に積層された多層膜構造によって構成されることが望ましい。

本発明の高周波用磁性薄膜は、1GHzにおける複素透磁率の実数部(μ')が400以上で、かつ性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)が4以上、飽和磁化が14kG(1.4T)以上の特性を得ることができる。なお、本発明において、
10 これら特性は成膜したままの状態で得ることができる。つまり、成膜完了からの経過時間を問わないが、成膜後に例えば熱処理等の処理を加えていない状態で測定した値によって本発明で規定する特性を具備するか否かの判断を行うことができる。ただし、成膜後に熱処理等の処理を加えた場合であっても、本発明で規定する特性を具備するものは本発明の範囲に含まれることは言うまでも
15 ない。以下も同様である。

この特性は第1の層および第2の層の厚さを規定することによって得ることができる。具体的には、第1の層の厚さをT1、第2の層の厚さをT2とした場合に、T1を3~70nmの範囲とし、かつT1/T2を0.15~3.50の範囲とすることにより、上記特性を得ることができる。

20 また本発明の高周波用磁性薄膜によれば、1GHzにおける複素透磁率の実数部(μ')が500以上で、かつ性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)が10以上、飽和磁化が14kG(1.4T)以上の特性を得ることができる。

この特性は第1の層および第2の層の厚さを規定することによって得ることができる。具体的には、第1の層の厚さをT1、第2の層の厚さをT2とした場合に、第1の層の厚さT1を0.5~3.0nmの範囲とし、かつT1/T2を0.8~3.0の範囲とすることにより、上記特性を得ることができる。
25

また、本発明の好ましい態様として、第2の層を構成するCo系非結晶質合金は、Coを主成分とし、B, C, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni,

- 7 -

Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Wから選択される少なくとも1種の添加元素を含んで形成される。

また、本発明の好ましい態様として、Co系非結晶質合金は、CoZr, CoHf, CoNb, CoMo, CoZrNb, CoZrTa, CoFeZr, 5 CoFeNb, CoTiNb, CoZrMo, CoFeB, CoZrNbMo, CoZrMoNi, CoFeZrB, CoFeSiB, CoZrCrMoから選択されるように構成される。

また、本発明の好ましい態様として、第1の層は、その中に含有されるL元素の濃度が2~20 at%であるように構成される。

10 以上の本発明によれば、FeまたはFeCoを主成分とし、単層膜で飽和磁化が16 kG (1.6 T) 以上の特性を有する第1の層と、Coを主成分とし、単層膜で透磁率1000以上（測定周波数：10 MHz）、飽和磁化が10 kG (1.0 T) 以上、比抵抗が100 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上の特性を有する第2の層とが交互に積層している複合磁性薄膜が提供される。なお、第1の層はアスペクト比が1.4以下の柱状構造を主体とするか、または非結晶質構造から構成されることが望ましい。

本発明の高周波用磁性薄膜は磁気素子の構成要素として用いることができる。この磁気素子を構成する、高周波用磁性薄膜は、T-L組成物（ただし、T=FeまたはFeCo、L=C, BおよびNの1種または2種以上）からなる第20 第1の層と、第1の層のいずれかの面側に配置されたCo系非結晶質合金からなる第2の層とが交互に積層された多層膜であることを特徴とする。

本発明の磁気素子は、コイルを挟持するように対向配置された高周波用磁性薄膜を有するものとして構成することができる。そして、平面型の磁気素子であって、その磁気素子がインダクタまたはトランスとすることができます。また、25 モノリシックマイクロ波集積回路に用いられるインダクタへの適用も本発明の望ましい態様として掲げることができる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の高周波用磁性薄膜の断面図、第2図はFe系またはFe-C
○系薄膜の結晶粒の状態を示す断面模式図、第3図はFe-C薄膜とCo系非
5 結晶質合金薄膜とを積層したときのFe-C薄膜の結晶粒の状態を示す断面模
式図、第4図は第3図の部分拡大断面図、第5図は厚さT1が3nm以下のFe
e-C薄膜とCoZrNb非結晶質合金薄膜とを積層した複合磁性薄膜のX線
回折結果を示す図、第6図は本発明の高周波用磁性薄膜が適用されたインダク
タの一例を示す平面図、第7図は第6図のA-A矢視断面図、第8図は本発明
10 の高周波用磁性薄膜が適用されたインダクタの他の例を示す断面図、第9図は
本発明の高周波用磁性薄膜が適用されたインダクタの他の例を示す平面図、第
10図は第9図のA-A矢視断面図、第11図は実施例1にて作製した複合磁
性薄膜の磁化曲線、第12図は実施例1にて作製した複合磁性薄膜の高周波透
磁率特性を示すグラフ、第13図は実施例2にて作製した複合磁性薄膜の磁化
15 曲線、第14図は実施例2にて作製した複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を示
すグラフ、第15図は実施例3にて作製した複合磁性薄膜の磁化曲線、第16
図は実施例3にて作製した複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を示すグラフ、第
17図は実施例5にて作製した複合磁性薄膜の透過型電子顕微鏡による断面像、
第18図は実施例10にて作製した複合磁性薄膜の磁化曲線、第19図は実施
20 例10にて作製した複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を示すグラフ、第20図
は実施例11にて作製した複合磁性薄膜の磁化曲線、第21図は実施例11にて
作製した複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を示すグラフ、第22図は実施例
12にて作製した複合磁性薄膜の磁化曲線、第23図は実施例12にて作製し
た複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を示すグラフ、第24図は実施例1~9、
比較例1~4で作製した磁性薄膜の磁気特性等を示す図表、第25図は実施例
25 10~19、比較例5で作製した磁性薄膜の磁気特性等を示す図表、第26図
は実施例20~27で作製した磁性薄膜の磁気特性等を示す図表である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施の形態について説明する。

本発明の高周波用磁性薄膜1は、第1図の模式的断面図に示されるように、
Co系非結晶質合金層3とT-L組成物層7とが交互に積層された多層膜構造
5 をなす複合磁性薄膜である。第1図に示される実施の形態では合計8層からなる
多層膜構造が例示されている。

高周波用磁性薄膜1は、T-L組成物層7と、T-L組成物層7の一方の面
側に配置されたCo系非結晶質合金層3との組み合わせがその基本的な構成と
なる。

10 T-L組成物層7のTはFeまたはFeCoであり、LはC, BおよびNの
1種または2種以上である。FeまたはFeCoを主成分とする合金からなる
薄膜は、高い飽和磁化を示すものの、保磁力が大きくかつ非抵抗が小さくなる
傾向にあった。そこで本発明は、軟磁気特性を向上することのできるL(C,
BおよびNの1種または2種以上)を含有する。ここで、T-L組成物層7は
15 2つの形態を包含する。1つは、T-L組成物層7のアスペクト比が1.4以下
の柱状構造を有する形態である。この形態をなすことにより高飽和磁化および
優れた軟磁気特性を得ることができる。また他の1つは、非結晶質構造である。
T-L組成物層7が非結晶質構造をなすことにより、さらなる軟磁気特性の向
上および高電気抵抗が達成できる。高周波特性に効果を見出すためには、T-L
20 組成物層7は、単層膜で飽和磁化1.6T以上の特性を有することが望まし
い。なお、T-L組成物層7のアスペクト比が1.4以下の柱状構造を有する
形態においても、薄膜形成初期段階で非結晶質構造が形成されていることから、
本願発明における柱状構造とはこの非結晶質構造部分を含む意味と解釈するも
のとする。

25 T-L組成物層7は膜厚が厚くなり、アスペクト比が1.4を超えて2.0
以上になると、垂直磁気異方性が堅調にあらわれ、軟磁気特性が劣化してしま
う。本発明においては、T-L組成物層7に存在する全ての結晶粒のアスペク
ト比が1.4以下であることが最も望ましいが、そのアスペクト比の増加分が

- 10 -

30%以下、さらには10%以下の結晶粒を部分的に含有することを許容する。したがって、本発明ではT-L組成物層7の厚さ(T1)は100nm以下、望ましくは70nm以下とする。前述したように、T1が3nm以下になると、T-L組成物層7は前述のように非結晶質構造になり、性能的には、例えば、
5 T1を0.2nmまで薄くしても性能の低下は起こらない。しかし、T1が薄くなりすぎると積層回数が増えるため、成膜時間が長くなるという製造上の不具合が生じる。従って、T1は、0.5nm以上、さらには1.0nm以上とすることが望ましい。

第5図は厚さT1が3nm以下のFe-C薄膜とCoZrNb非結晶質合金薄膜とを積層した複合磁性薄膜のX線回折結果を示している。第5図から分かるように、Fe-C薄膜の厚さが3nm以下の積層膜は、Fe-Cのbcc(110)結晶面の回折ピークは典型的な非結晶質のブロードな形状を示す。
10

本発明のT-L組成物層7は、その中に含有されるL元素(C, BおよびNの1種または2種以上)濃度が2~20at%、望ましくは4~10at%とされる。L元素濃度が2at%未満であると、bcc構造の柱状結晶が基板に対して垂直方向に成長しやすくなり、保磁力が大きくなるとともに、比抵抗が小さくなってしまい、良好な高周波特性を得ることが困難となってしまう。この一方で、このL元素濃度が20at%を超えると、異方性磁界が減少するために共鳴周波数の低下が生じて、高周波用の薄膜として十分に機能するために困難となってしまう。また、TとしてはFeのみよりもFeCoを採用するほうが高い飽和磁化が得られることから望ましい。このときのCoの含有量は、
15 80at%以下の範囲で適宜定めればよいが、20~50at%の範囲で含有させることが望ましい。また、Fe、FeCo以外に本発明に悪影響を与えない範囲で他の元素を含有させることを本願発明は許容する。
20

25 本発明において、第2の層としてCo系の非結晶質合金を用いるのは、高透磁率であり、かつ高抵抗(比抵抗が100~200μΩcm)のために高周波域での渦電流損失が抑制できるからである。また、第2の層が結晶質の材料であると、その上に接する第1の層はその結晶の成長が第2の層の結晶構造に影

- 11 -

5 響され連続的な柱状構造になってしまうのに対して、第2の層が非結晶質材料であると、第1の層が柱状構造であっても第2の層によってその成長が分断されるため、連続的な柱状構造にならないからである。Co系非結晶質合金層3は、単層膜で透磁率1000以上(10MHz)、飽和磁化10kG(1.0T)以上、比抵抗 $100\mu\Omega\text{cm}$ 以上の特性を有していることが望ましい。

10 本発明における第2の層としてのCo系非結晶質合金層3は、Coを主成分とし、B, C, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Wから選択される少なくとも1種の添加元素を含んで形成されており、このものは非結晶質相を主体として構成されている。添加元素の割合(2種以上の場合は総和量)は、通常、5~50at%、好ましくは、10~30at%とされる。添加元素の割合が多くなり過ぎると、飽和磁化が小さくなってしまうという不都合が生じ、また、添加元素の割合が少なくなり過ぎると、磁歪の制御が困難となり、有効な軟磁気特性が得られなくなるという不都合が生じる。

15 Co系非結晶質合金層3を構成する好適な組成系の例としては、CoZr, CoHf, CoNb, CoMo, CoZrNb, CoZrTa, CoFeZr, CoFeNb, CoTiNb, CoZrMo, CoFeB, CoZrNbMo, CoZrMoNi, CoFeZrB, CoFeSiB, CoZrCrMoなどが挙げられる。

20 以上のT-L組成物層7およびCo系非結晶質合金層3を交互に積層することにより、1GHzにおける複素透磁率の実数部(μ')が400以上で、かつ性能指數Q($Q = \mu' / \mu''$)が4以上、飽和磁化が14kG(1.4T)以上の高周波用磁性薄膜1を得ることができる。なお、GHz領域(1GHz)で透磁率の実数部(μ')はできるだけ大きな値をとることが望まれ、特に上限値はない。同様に、飽和磁化についてもできるだけ大きな値をとることが望まれ、特に上限値はない。

以上の特性を得るために、T-L組成物層7の厚さをT1、Co系非結晶質合金層3の厚さをT2とした場合に、T1を3~70nmの範囲とし、かつ

- 12 -

T₁ / T₂ は 0.15 ~ 3.50、好ましくは 0.25 ~ 2.50 とすること
が重要である。この値が、3.50 を超えると、T-L 組成物層 7 のアスペク
ト比が大きくなり、異方性磁界および磁化困難軸方向の保磁力 (H_ch) が急
に増大するなどして垂直磁気異方性が発生するために、特に良好な軟磁性特性
を得ることができなくなるという不都合が生じてしまう。また、この値が 0.
15 未満となると 14 kG (1.4 T) 以上の飽和磁化を得ることができなくな
ってしまうからである。

また、以上の T-L 組成物層 7 および Co 系非結晶質合金層 3 を交互に積層
することにより、1 GHz における複素透磁率の実数部 (μ') が 500 以
上で、かつ性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) が 10 以上、飽和磁化が 14 kG (1.
4 T) 以上の高周波用磁性薄膜 1 を得ることもできる。

以上の特性を得るために、T-L 組成物層 7 の厚さを T₁、Co 系非結晶
質合金層 3 の厚さを T₂とした場合に、T₁ を 0.5 ~ 3.0 nm の範囲とし、
かつ T₁ / T₂ を 0.8 ~ 3.0 の範囲にすればよい。

T₁ / T₂ が、3.0 を超えると、FeC の粒子が大きく成長してしまい、
130 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上の高い比抵抗が得られなくなってしまう。また、この値が
0.8 未満となると、高飽和磁化である T-L 組成物層 7 の割合が少なくな
ってしまい、共鳴周波数の高周波数化が困難となってしまう。好ましくは 1.0
以上 2.5 以下とされる。上記の T₁、および T₁ / T₂ を本願発明の範囲内
とすることで、比抵抗が 130 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上で、かつ 1 GHz における複素透
磁率の実数部 (μ') が 500 以上、性能指数 ($Q = \mu' / \mu''$) が 10 以上、
飽和磁化が 14 kG (1.4 T) 以上という極めて優れた特性を有する複合薄
膜の実現が可能となる。なお、このような特性は、前述したように、熱処理等
を施さない成膜ままの状態で測定される。

本発明の高周波用磁性薄膜 1において、交互に積層される T-L 組成物層 7
および Co 系非結晶質合金層 3 の合計積層回数に関する制限はないが、通常、
5 ~ 3000 回、好ましくは 10 ~ 700 回程度とされる。高周波用磁性薄膜
1 の中で同一種類 (T-L 組成物層 7 または Co 系非結晶質合金層 3) の膜は、

- 13 -

通常、同じ膜厚となるように形成される。ただし、稀なケースとして、同一種類の膜であっても、積層箇所によって成膜厚さを他の部分と異ならしめることがあり得る。極端な例として、例えば、中間付近のT-L組成物層7の膜厚を20 nm、上下のT-L組成物層7の2層の膜厚をそれぞれ5 nmとするよう5な仕様も場合によってはあり得る。このような場合、算術平均の厚さ(Tf)により算出すればよい。上記例では、算術平均値であるTf=10 nmという数値を採択して、例えばTf/Tc(TcはCo系非結晶質合金層3の膜厚の算術平均値)を求めるようにすればよい。また、本発明の高周波用磁性薄膜1は、Co系非結晶質合金層3およびT-L組成物層7以外の層を配設することを許容10する。

このような本発明の高周波用磁性薄膜1の厚さは、100~2000 nm、好ましくは300~1000 nmとされる。この値が、100 nm未満であると、平面型磁気素子に応用する場合、所望のパワーを扱うことが困難になると、不都合が生じ得る。また、後述の第9図および第10図に示される磁性薄膜を備える有芯コイルの形態としても、空芯コイルに比べてインダクタンスの15増加が10%未満となる傾向が生じ、磁性薄膜の効果が十分発揮できないという不都合が生じる。また、この値が、2000 nmを超えると、表皮効果による高周波損失が堅調になり、GHz帯域の損失が増大するという不都合が生じ得る。

20 本発明の高周波用磁性薄膜1は、真空薄膜形成方法、特にスパッタ法により形成されることが好ましい。より具体的には、RFスパッタ、DCスパッタ、マグнетロンスパッタ、イオンビームスパッタ、誘導結合RFプラズマ支援スパッタ、ECRスパッタ、対向ターゲット式スパッタなどが用いられる。

25 Co系非結晶質合金層3を形成するためのターゲットとしては、Coターゲット上に、所望の添加元素のペレットを配置した複合ターゲットを用いたり、所望の添加成分を含有するCo合金のターゲットを用いればよい。

T-L組成物層7を形成するためのターゲットとしては、Fe(またはFe-Co合金)ターゲットの上にL元素のペレットを配置した複合ターゲットを用

- 14 -

いるか、Fe（またはFeCo）とL元素の合金ターゲットを用いればよい。L元素の濃度調整は、例えば、L元素ペレットの量を調整するようにすればよい。

なお、スパッタリングはあくまで本発明の一態様であり、他の薄膜作製プロセスを適用できることは言うまでもない。本発明の高周波用磁性薄膜1の具体的な成膜方法については、後述の実施例を参照されたい。

本発明の高周波用磁性薄膜1が形成される基板2（第1図）としては、ガラス基板、セラミック材料基板、半導体基板、樹脂基板等が例示できる。セラミック材料としては、アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、ステアタイト、ムライト、コーボライト、フォルステライト、スピネル、フェライトなどが挙げられる。中でも熱伝導率が大きく、曲げ強度も大きい窒化アルミニウムを用いることが好ましい。

また本発明の高周波用磁性薄膜1は、上述してきたように極めて優れた高周波特性を有するとともに室温で成膜ままの状態でその性能が発揮できる。そのため、MMICのような半導体プロセスで製作される高周波集積回路に最適な材料である。従って、基板11、基板21および基板31（後述の第7図、第8図および第10図に示される）としては、Si、GaAs、InP、SiGeなどの半導体基板が例示できる。

平面型の磁気素子をインダクタに応用した一例が第6図および第7図に示される。第6図は、インダクタの平面図を模式的に示したものであり、第7図は第6図のA-A矢視断面を模式的に示した図面である。

これらの図面に示されるインダクタ10は、基板11と、この基板11の両面にスパイラル状に形成された平面コイル12、12と、これらの平面コイル12、12と基板11面を覆うように形成された絶縁膜13、13と、これらの絶縁膜13、13の上を覆うように形成された一対の本発明の高周波用磁性薄膜1とを備えている。そして、上記2つの平面コイル12、12は、基板11の略中央部分に形成されたスルーホール15を介して電気的に接続されている。さらに、基板11の両面の平面コイル12、12からそれぞれ接続の

- 15 -

ための端子 1 6 が基板 1 1 の外方に引き出されている。このようなインダクタ 1 0 は、一对の高周波用磁性薄膜 1 によって、絶縁膜 1 3, 1 3 を介して平面コイル 1 2, 1 2 を挟むように構成されているので、接続端子 1 6, 1 6 間にインダクタが形成される。

5 このように形成されたインダクタは、小型かつ薄型軽量で、特に 1 G H z 以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示す。

なお上記説明したインダクタ 1 0 において、平面コイル 1 2, 1 2 を並列的に複数設けることによりトランスを形成することができる。

本発明の平面型磁気素子をインダクタに応用した他の好適な実施の形態が第 10 第 8 図に示される。第 8 図は、インダクタの断面を模式的に示したものである。この図に示されるようにインダクタ 2 0 は、基板 2 1 と、この基板 2 1 の上に必要に応じて形成される酸化膜 2 2 と、この酸化膜 2 2 の上に形成された本発明の高周波用磁性薄膜 1 a と、この高周波用磁性薄膜 1 a の上に形成された絶縁膜 2 3 を備え、さらにこの絶縁膜 2 3 の上に形成された平面コイル 2 4 と、 15 これらの平面コイル 2 4 と絶縁膜 2 3 を覆うように形成された絶縁膜 2 5 と、この絶縁膜 2 5 の上に形成された本発明の高周波用磁性薄膜 1 b とを有している。このように形成されたインダクタ 2 0 もやはり、小型かつ薄型軽量で、特に 1 G H z 以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示す。そしてこのようなインダクタ 2 0 において、平面コイル 2 4 を並列的に複数設けることによりトランスを形成することができる。

ところで、薄膜インダクタなどの平面型磁気素子においては、それぞれの素子の設計仕様に応じた最適な透磁率を提供することが要望される。高周波帯域における透磁率は、異方性磁界と相関が高く、高周波帯域における透磁率は異方性磁界の逆数に比例する。高周波帯域における高透磁率を実現するためには、 25 磁性薄膜面内で一軸異方性を有することが必要である。また、薄膜インダクタなどの平面型磁気素子では、磁性薄膜の飽和磁化が高いほど直流重畠特性が大きくなる事が期待できる。そのため、飽和磁化の大きさは、高周波用磁性薄膜 1 の設計において重要なパラメータといえる。

- 16 -

本発明の高周波用磁性薄膜1を、MMIC用インダクタとして応用した実施例が第9図および第10図に示される。

第9図はインダクタの導体層部分を抜き出した平面図を模式的に示したものであり、第9図は第10図のA-A矢視断面を模式的に示した図面である。

5 これらの図面で示されているインダクタ30は、第10図に示されるように基板31と、この基板31の上に必要に応じて形成される絶縁酸化膜32と、その絶縁酸化膜32の上に形成された本発明の高周波用磁性薄膜1aと、この高周波用磁性薄膜1aの上に形成された絶縁膜33を備え、さらにこの絶縁膜33の上に形成されたスパイラルコイル34と、このスパイラルコイル34と絶縁膜33を覆うように形成された絶縁膜35と、この絶縁膜35の上に形成された本発明の高周波用磁性薄膜1bとを有している。

また、スパイラルコイル34は、第9図に示されるように配線36を介して一対の電極37に接続されている。そして、スパイラルコイル34を囲むように設けられた一対のグラウンドパターン39は、それぞれ一対のグラウンド電極38に接続され、グラウンドーシグナルーグラウンド(G-S-G)タイプのプローブにより、ウェハ上で周波数特性を評価する形状を有している。

本実施の形状にかかるMMIC用インダクタにおいては、磁芯となる高周波用磁性薄膜1a、1bでもってスパイラルコイル34が挟み込まれた有芯構造を採用している。そのため、スパイラルコイル34が同じ形状でありながらも高周波用磁性薄膜1a、1bが形成されていない空芯構造のインダクタに比べ、インダクタンス値が約50%向上される。従って、同じインダクタンス値を得るために必要なスパイラルコイル34の占有面積は小さくてもよいことになり、その結果としてスパイラルコイル34の小型化が実現できる。

ところで、MMIC用インダクタに適用する磁性薄膜の材料としては、GHz帯域の高周波数で高透磁率、かつ高い性能指数Q(低損失)特性を持つことや、半導体製造プロセスによる集積化が可能であることが求められる。

GHz帯域の高周波数における高透磁率を実現するためには、共鳴周波数が高く、かつ飽和磁化が大きい材質が有利であり、一軸磁気異方性の制御が必要

- 17 -

である。また、高い性能指数Qを得るために、高抵抗化による渦電流損失の抑制が重要である。さらに、集積化プロセスに適用するためには、室温で成膜でき成膜ままの状態で使用できることが望ましい。すでにセッティングされている他のオンチップコンポーネントの性能および作製プロセスに加熱による悪影響を及ぼさないようにするためである。

次に、具体的な実施例を挙げて本発明を更に詳細に説明する。

[実施例 1]

以下の成膜手法に従って本発明の高周波用磁性薄膜を作製した。

S i ウェハの上に S i O₂を 1 0 0 n m の厚さに成膜したものを基板として用いた。

対向ターゲット式スパッタ装置を用いて、下記の要領で基板上に高周波用磁性薄膜を成膜(deposit)させた。すなわち、対向ターゲット式スパッタ装置内を 8 × 1 0⁻⁵ P a まで予備排気した後、圧力が 1 0 P a になるまで A r ガスを導入した後、1 0 0 W の R F パワーで 1 0 分間、基板表面をスパッタエッチングした。

次いで、圧力が 0. 4 P a になるように A r ガスの流量を調整し、3 0 0 W のパワーで C o₈₇ Z r₅ N b₈ ターゲット、および F e ターゲット上に C (炭素) ペレットを配置した複合ターゲットを、順次交互に繰り返しスパッタリングして後述する仕様からなる高周波用磁性薄膜としての複合磁性薄膜を成膜(deposit)させた。

成膜時には基板に - 4 0 ~ - 8 0 V の D C バイアスを印加した。また、ターゲット表面の不純物の影響を防止するためにシャッターを閉めた状態で 1 0 分以上プリスパッタリングを行った。その後、シャッターを開けることにより基板上に成膜を行った。成膜速度 (rate) は、C o Z r N b 層の成膜時で 0. 3 3 n m / 秒、F e - C 層の成膜時で 0. 2 7 n m / 秒とした。シャッターの開閉時間を制御することで交互に積層される各層の膜厚を調整した。基板上の第

- 18 -

1層目としてC o Z r N b層を成膜した後、その上にF e - C層を形成し、以下順次C o Z r N b層とF e - C層とを交互に積層した。

このような成膜手法に基づき、厚さ20nmのC o Z r N b層と、厚さ5nmのF e - C層（炭素濃度：5at%）とを交互に20回ずつ順次積層して総膜厚500nm（合計40層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例1）を形成した。

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、F e - C層は前述した非結晶質構造部分とその上に形成される柱状構造部分とから構成され、この柱状構造部分はアスペクト比が1.4以下であることを確認した。また、C o Z r N b層は非結晶質であることが確認された。

成膜後に測定された磁化曲線を第11図に示した。第11図に示される磁化曲線から明らかなように、積層膜では面内一軸磁気異方性が観察されており、飽和磁化として14.7kG(1.47T)、異方性磁界として45Oe(3580.99A/M)、磁化容易軸の保磁力として1.1Oe(87.53A/m)が得られた。

さらに、この複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を第12図に示した。第12図に示されるグラフより、共鳴周波数は測定限界の2GHzを超えており、GHz領域で透磁率の実数部(μ')が400以上であることが分かる。また性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は1GHzでは13の値が得られ、2GHzでは2以上の値が得られていることが分かる。なお、高周波透磁率の測定は薄膜高周波透磁率測定装置（成瀬科学器機、PHF-F1000）を用い、磁気特性は振動試料型磁力計（理研電子、BHV-35）を用いて測定した。

[実施例2]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ20nmのC o Z r N b層と、厚さ20nmのF e - C層（炭素濃度：5at%）とを交互に13層ずつ順次積層して総膜厚520nm（合計26層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例2）を形成した。

- 19 -

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層は主に柱状結晶粒から構成され、この柱状構造部分はアスペクト比が1.4以下であることを確認した。また、CoZrNb層は非結晶質であることが確認された。また、CoZrNb層は非結晶質であることが確認された。

5 成膜後に測定された磁化曲線を第13図に示した。第13図に示される磁化曲線から明らかなように、積層膜では面内一軸磁気異方性が観察されており、飽和磁化として16.3kG(1.63T)、異方性磁界として44Oe(3501.41A/m)、磁化容易軸の保磁力として1.2Oe(95.49A/m)が得られた。

10 また、この複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を第14図に示した。第14図に示されるグラフによれば、透磁率の実数部(μ')が1GHzでは540の値が得られ、1.5GHzでは670の値が得られていることが分かる。また性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は1GHzでは4.7の値が得られており、1.5GHzでは2以上の値が得られていることが分かる。

15 [実施例3]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ20nmのCoZrNb層と、厚さ50nmのFe-C層(炭素濃度：5at%)とを交互に7層ずつ順次積層して総膜厚490nm(合計14層)の本発明の複合磁性薄膜(実施例3)を形成した。

20 複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層は主に柱状結晶粒から構成され、この柱状構造部分はアスペクト比が1.4以下であることを確認した。また、CoZrNb層は非結晶質であることが確認された。

成膜後に測定された磁化曲線を第15図に示した。第15図に示される磁化曲線から明らかなように、積層膜では面内一軸磁気異方性が観察されており、飽和磁化として16.7kG(1.67T)、異方性磁界として48Oe(3819.72A/m)、磁化容易軸の保磁力として1.6Oe(127.32A/m)が得られた。

- 20 -

また、この複合磁性薄膜の高周波透磁率特性を第16図に示した。第16図に示されるグラフから、GHz領域で透磁率の実数部(μ')が500以上であることが分かる。また性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は1GHzでは6以上の値が得られ、2GHzでは2以上の値が得られていることが分かる。

5 [実施例4]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ20nmのCoZrNb層と、厚さ2nmのFe-C層(炭素濃度：5at%)とを交互に20層ずつ順次積層して総膜厚440nm(合計40層)の本発明の複合磁性薄膜(実施例4)を形成した。

10 複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

上記の実施例に準じた方法によって、複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、12.5kG(1.25T)の飽和磁化、200e(1591.55A/m)の異方性磁界、1.1Oe(87.53A/m)の磁化容易軸の保磁力が、そ
15 れぞれ、得られた。

また、1GHzにおける透磁率の実数部(μ')は900であり、1GHzでの性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は1.3の値が得られた。

[実施例5]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ20nmのCoZrNb層と、厚さ80nmのFe-C層(炭素濃度：5at%)とを交互に7層ずつ順次積層して総膜厚700nm(合計14層)の本発明の複合磁性薄膜(実施例5)を形成した。

この複合磁性薄膜の透過型電子顕微鏡による断面像を第17図に示すが、Fe-C層は主に柱状結晶粒から構成され、この柱状構造部分はアスペクト比が
25 1.4以下であることを確認した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、18.0kG(1.80T)の飽和磁化、920e(7321.13A

- 21 -

／m) の異方性磁界、2. 8 Oe (222. 82 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 200 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 8 の値が得られた。

5 [実施例 6]

上記実施例 1において、Fe-C 層の炭素濃度を 5 at % から 7 at % に変えた。それ以外は、上記実施例 1 と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 6）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14. 7 kG (1. 47 T) の飽和磁化、420 e (3342. 25 A/m) の異方性磁界、1. 0 Oe (79. 58 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 410 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 14 の値が得られた。

15 [実施例 7]

上記実施例 1において、Fe-C 層の炭素濃度を 5 at % から 10 at % に変えた。それ以外は、上記実施例 1 と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 7）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14. 5 kG (1. 45 T) の飽和磁化、400 e (3183. 10 A/m) の異方性磁界、1. 0 Oe (79. 58 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 490 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 11 の値が得られた。

25 [比較例 1]

上記実施例 1において、Fe-C 層を Fe 層に変えた。それ以外は、上記実施例 1 と同様にして、比較例の複合磁性薄膜（比較例 1）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、17.6 kG (1.76 T) の飽和磁化、28Oe (2228.24 A/m) の異方性磁界、18.0 Oe (1432.44 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 5 また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 120 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 4 の値が得られた。

[実施例 8]

- 上記実施例 1において、Co 系非結晶質合金層の組成である $Co_{87}Zr_5Nb_8$ を、 $Co_{89}Zr_6Ta_5$ に変えた。それ以外は、上記実施例 1 と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 8）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14.9 kG (1.49 T) の飽和磁化、44Oe (3501.44 A/m) の異方性磁界、1.1 Oe (87.53 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 15 また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 455 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 11 の値が得られた。

[実施例 9]

- 上記実施例 1において、Co 系非結晶質合金層の組成である $Co_{87}Zr_5Nb_8$ を、 $Co_{80}Fe_9Zr_3B_8$ に変えた。それ以外は、上記実施例 1 と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 9）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14.7 kG (1.47 T) の飽和磁化、48Oe (3919.72 A/m) の異方性磁界、1.2 Oe (95.49 A/m) の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 25 また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 410 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 12 の値が得られた。

[比較例 2]

- 23 -

上記実施例1において、厚さ500nmの複合磁性薄膜を、厚さ500nmの $\text{Co}_{87}\text{Zr}_5\text{Nb}_8$ の単層膜に変えた。それ以外は、上記実施例1と同様にして、比較例の複合磁性薄膜（比較例2）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、11.5kG(1.15T)の飽和磁化、15Oe(1193.66A/m)の異方性磁界、0.8Oe(63.66A/m)の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1GHzにおける透磁率の実数部(μ')は1091であり、1GHzでの性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は1の値が得られた。

10 [比較例3]

上記実施例1において、厚さ500nmの複合磁性薄膜を、厚さ1000nmの $\text{Co}_{89}\text{Zr}_6\text{Ta}_5$ の単層膜に変えた。それ以外は、上記実施例1と同様にして、比較例の複合磁性薄膜（比較例3）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、13.0kG(1.30T)の飽和磁化、16Oe(1273.24A/m)の異方性磁界、0.9Oe(71.62A/m)の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1GHzにおける透磁率の実数部(μ')は325であり、1GHzでの性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は0.5の値が得られた。

20 [比較例4]

上記実施例1において、厚さ500nmの複合磁性薄膜を、厚さ1000nmの $\text{Co}_{79}\text{Fe}_9\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ の単層膜に変えた。それ以外は、上記実施例1と同様にして、比較例の複合磁性薄膜（比較例4）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、11.0kG(1.10T)の飽和磁化、36Oe(2864.79A/m)の異方性磁界、1.1Oe(87.53A/m)の磁化容易軸の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 24 -

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は 327 であり、1 GHz での性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 1.7 の値が得られた。

実施例 1～9、比較例 1～4 で作製した磁性薄膜の磁気特性等を第 24 図にまとめて示した。

5 第 24 図に示すように、本発明による各実施例は、1.2 T 以上の飽和磁化、1.5 GHz 以上の共鳴周波数、1.0 以上の Q 値を得ることが可能である。この中で、T1 が 3～70 nm の範囲、かつ T1/T2 が 0.15～3.50 の範囲にある実施例 1～3、6、7、8 および 9 は 1.4 T 以上の飽和磁化、2.0 GHz 以上の共鳴周波数、4.0 以上の Q 値を得ることができる。

10 [実施例 10]

Si ウエハの上に SiO₂ の厚さを 500 nm の厚さに成膜したものを基板とした以外実施例 1 と同様にして厚さ 1.0 nm の CoZrNb 層と、厚さ 1.0 nm の Fe-C 層（炭素濃度：5 at%）とを交互に 250 回ずつ順次積層して総膜厚 500 nm（合計 500 層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例 10）を形成した。なお、成膜中に基板温度の制御は行っていないが、基板温度は総膜厚が 500 nm になるまで成膜する間に 30°C まで上昇した。

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C 層および CoZrNb 層とともに非結晶質であることが確認された。

成膜後に測定された磁化曲線を第 18 図に示した。第 18 図に示される磁化曲線から明らかのように、積層膜では面内一軸磁気異方性が観察されており、飽和磁化は 14.3 kG (1.43 T)、磁化容易軸方向の保磁力は 0.60 e (47.75 A/m)、磁化困難軸方向の保磁力は 0.80 e (63.66 A/m) が得られた。さらに、この実施例の積層膜の高周波透磁率特性を第 19 図に示した。第 19 図に示されるグラフより、共鳴周波数は測定限界の 2 GHz を超えており、GHz 領域で透磁率の実数部 (μ') が 500 以上であることが分かる。また、性能指数 Q ($Q = \mu' / \mu''$) は 1 GHz では 15 の値が得られ、2 GHz では 7 の値が得られていることが分かる。

[実施例 11]

- 25 -

上記実施例10の成膜手法に基づき、厚さ1.5nmのCoZrNb層と、厚さ1.5nmのFe-C層（炭素濃度：5at%）とを交互に170層ずつ順次積層して総膜厚510nm（合計340層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例11）を形成した。

5 複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

成膜後に測定された磁化曲線を第20図に示した。第20図に示される磁化曲線から求めた磁気特性として、飽和磁化は15.5kG（1.55T）、磁化容易軸方向の保磁力は0.6Oe（47.75A/m）、磁化困難軸方向の保磁力は0.8Oe（63.66A/m）であった。また、この実施例の積層膜の高周波透磁率特性を第21図に示した。第21図に示されるグラフより、透磁率の実数部（ μ' ）の値として、1.0GHzでは720の値が得られ、1.5GHzでは1055の値が得られていることが分かる。また、性能指數Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）の値として、1.0GHzでは13の値が得られ、1.5GHzでは5の値が得られていることが分かる。

15 [実施例12]

上記実施例10の成膜手法に基づき、厚さ1.0nmのCoZrNb層と、厚さ2.0nmのFe-C層（炭素濃度：5at%）とを交互に170層ずつ順次積層して総膜厚510nm（合計340層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例12）を形成した。

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

成膜後に測定された磁化曲線を第22図に示した。第22図に示される磁化曲線から求めた磁気特性として、飽和磁化は14.8kG（1.48T）、磁化容易軸方向の保磁力は0.7Oe（55.70A/m）、磁化困難軸方向の保磁力は1.0Oe（79.58A/m）であった。

また、この実施例の積層膜の高周波透磁率特性を第23図に示した。第23図に示されるグラフより、共鳴周波数は測定限界の2GHzを超えており、G

- 26 -

H_z領域で透磁率の実数部（μ'）が500以上であることが分かる。また、性能指数Q（Q=μ'/μ''）の値として、1.0GHzでは24の値が得られ、1.5GHzでは8.5の値が得られ、2GHzでは3の値が得られていることが分かる。

5 [実施例13]

上記実施例10の成膜手法に基づき、厚さ1.0nmのCoZrNb層と、厚さ2.8nmのFe-C層（炭素濃度：5at%）とを交互に135層ずつ順次積層して総膜厚513nm（合計270層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例13）を形成した。

10 複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、15.0kG(1.50T)の飽和磁化、0.8Oe(63.66A/m)の磁化容易軸方向の保磁力、0.9Oe(71.62A/m)の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1GHzにおける透磁率の実数部（μ'）は550であり、1GHzでの性能指数Q（Q=μ'/μ''）は22の値が得られた。

[実施例14]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ0.8nmのCoZrNb層と、厚さ2.8nmのFe-C層（炭素濃度：5at%）とを交互に140層ずつ順次積層して総膜厚504nm（合計280層）の本発明の複合磁性薄膜（実施例14）を形成した。

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

25 上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、15.8kG(1.58T)の飽和磁化、0.9Oe(71.62A/m)の磁化容易軸方向の保磁力、1.1Oe(87.54A/m)の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 27 -

また、1 GHzにおける透磁率の実数部(μ')は400であり、1 GHzでの性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は16の値が得られた。

[実施例15]

上記実施例1の成膜手法に基づき、厚さ2.0 nmのCoZrNb層と、厚さ1.0 nmのFe-C層(炭素濃度：5 at%)とを交互に170層ずつ順次積層して総膜厚510 nm(合計340層)の本発明の複合磁性薄膜(実施例15)を形成した。

複合磁性薄膜の構造を確認したところ、Fe-C層およびCoZrNb層とともに非結晶質であることが確認された。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、13.9 kG(1.39 T)の飽和磁化、0.6 Oe(47.75 A/m)の磁化容易軸方向の保磁力、0.7 Oe(55.70 A/m)の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHzにおける透磁率の実数部(μ')は755であり、1 GHzでの性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は6の値が得られた。

[比較例5]

上記実施例10において、Fe-C層をFe層に変えた。それ以外は、上記実施例10と同様にして、比較例の複合磁性薄膜(比較例5)を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、20.7 kG(2.07 T)の飽和磁化、4.2 Oeの磁化容易軸方向の保磁力(334.23 A/m)、19.0 Oe(1511.97 A/m)の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHzにおける透磁率の実数部(μ')は150であるが、透磁率の値が小さいため μ'' の実測値には信頼性がなく、性能指数Q($Q = \mu' / \mu''$)は求められなかった。

[実施例16]

- 28 -

上記実施例 10において、Fe-C層の炭素濃度を5 a t %から7 a t %に変えた。それ以外は、上記実施例 10と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 16）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14.1 kG (1.41 T) の飽和磁化、0.6 Oe (47.75 A/m) の磁化容易軸方向の保磁力、0.7 Oe (55.76 A/m) の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は600であり、1 GHz での性能指数Q ($Q = \mu' / \mu''$) は12の値が得られた。

10 [実施例 17]

上記実施例 10において、Fe-C層の炭素濃度を5 a t %から10 a t %に変えた。それ以外は、上記実施例 10と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 17）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14.0 kG (1.40 T) の飽和磁化、0.6 Oe (47.75 A/m) の磁化容易軸方向の保磁力、0.7 Oe (55.76 A/m) の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHz における透磁率の実数部 (μ') は750であり、1 GHz での性能指数Q ($Q = \mu' / \mu''$) は12の値が得られた。

20 [実施例 18]

上記実施例 10において、Co系非結晶質合金層の組成である $Co_{87}Zr_5N_{b_8}$ を、 $Co_{89}Zr_6Ta_5$ に変えた。それ以外は、上記実施例 10と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例 18）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、14.4 kG (1.44 T) の飽和磁化、0.6 Oe (47.75 A/m) の磁化容易軸方向の保磁力、0.7 Oe (55.76 A/m) の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

- 29 -

また、1 GHzにおける透磁率の実数部（ μ' ）は520であり、1 GHzでの性能指数Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）は15の値が得られた。

[実施例19]

上記実施例10において、Co系非結晶質合金層の組成である $Co_{87}Zr_5N_5B_8$ を、 $Co_{80}Fe_9Zr_3B_8$ に変えた。それ以外は、上記実施例10と同様にして、本発明の複合磁性薄膜（実施例19）を形成した。

上記の実施例に準じた方法によって、当該複合磁性薄膜の物性値を求めたところ、15.0 kG（1.50 T）の飽和磁化、0.6 Oe（47.75 A/m）の磁化容易軸方向の保磁力、0.7 Oe（55.76 A/m）の磁化困難軸方向の保磁力が、それぞれ、得られた。

また、1 GHzにおける透磁率の実数部（ μ' ）は530であり、1 GHzでの性能指数Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）は17の値が得られた。

実施例10～19、比較例5で作製した磁性薄膜の磁気特性等を第25図にまとめて示した。

第25図に示すように、本発明による各実施例は、1.4 T以上の飽和磁化、1.5 GHz以上の共鳴周波数、5.0以上のQ値を得ることが可能である。この中で、T1が0.5～3.0 nmの範囲、かつT1/T2が0.8～3.0の範囲にある実施例10～13、16、17、18および19は1.4 T以上の飽和磁化、2.0 GHz以上の共鳴周波数、10.0以上のQ値を得ることができる。

[実施例20～27]

薄膜形成用のターゲットを以下のものとする以外は実施例1と同様にして、第26図に示す磁性薄膜を形成するとともに、その磁気特性等の物性値を測定した。その結果を第26図にあわせて示す。

磁性薄膜がFe-Co-C₅膜を含むものは、Fe₇₀Co₃₀ターゲット上にC（炭素）ペレットを配置した複合ターゲットを用いた。また、Fe-B₅膜を含むものはFe₉₅B₅合金ターゲットを、また、Fe-Co-B₅膜を含むものはFe₆₅Co₃₀B₅合金ターゲットを用いた。Fe-C₅-N₅膜を含むものは

- 30 -

Fe ターゲット上にCペレットを配置した複合ターゲットを用いたスペッタリング中にN（窒素）ガスを導入し、また、Fe-Co-C₅-N₅膜を含むものはFe₇₀Co₃₀ターゲットの上にCペレットを配置した複合ターゲットを用いたスペッタリング中にN（窒素）ガス導入することで作製した。

5 第26図の実施例20に示すように、第1の膜をFe-Co-C₅膜とすることにより、Fe-C₅膜を第1の膜とする実施例1に比べて、飽和磁化および透磁率の実数部が向上することがわかる。

また、第26図の実施例21～25から、第1の膜にはCのみならずBおよび／またはNを適用できることがわかる。

10 さらに、第26図の実施例20、26および27を比較すると、特に優れた特性を得るために、T1およびT1/T2を規制することが重要であることがわかる。

産業上の利用可能性

15 以上詳述したように、本発明によれば、高い飽和磁化を有するとともに、GHz の高周波帯域で高い透磁率および性能指数Qを示す高周波用磁性薄膜を得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. T-L組成物（ただし、T=F e またはF e C o、L=C, B およびNの1種または2種以上）からなる第1の層と、
5 前記第1の層のいずれかの面側に配置されたC o系非結晶質合金からなる第2の層と、を含むことを特徴とする高周波用磁性薄膜。
2. 複数の前記第1の層と複数の前記第2の層とが積層されて多層膜構造をなすことを特徴とする請求項1に記載の高周波用磁性薄膜。
10 3. 1 G H zにおける複素透磁率の実数部（ μ' ）が400以上で、かつ性能指数Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）が4以上、飽和磁化が14 k G (1. 4 T) 以上であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の高周波用磁性薄膜。
- 15 4. 前記第1の層の厚さをT1、前記第2の層の厚さをT2とした場合に、T1が3~70 nmの範囲内あり、かつT1/T2が0. 15~3. 50の範囲にあることを特徴とする請求項3に記載の高周波用磁性薄膜。
5. 1 G H zにおける複素透磁率の実数部（ μ' ）が500以上で、かつ性能指数Q（ $Q = \mu' / \mu''$ ）が10以上、飽和磁化が14 k G (1. 4 T) 以上であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の高周波用磁性薄膜。
20 6. 前記第1の層の厚さをT1、前記第2の層の厚さをT2とした場合に、前記第1の層の厚さT1が0. 5~3. 0 nmの範囲にあり、かつT1/T2が0. 8~3. 0の範囲にあることを特徴とする請求項5に記載の高周波用磁性薄膜。

- 32 -

7. 前記第2の層は、Coを主成分とし、B, C, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Wから選択される少なくとも1種の添加元素を含むことを特徴とする請求項1～6に記載の高周波用磁性薄膜。

5

8. 前記第2の層は、CoZr, CoHf, CoNb, CoMo, CoZrNb, CoZrTa, CoFeZr, CoFeNb, CoTiNb, CoZrMo, CoFeB, CoZrNbMo, CoZrMoNi, CoFeZrB, CoFeSiB, CoZrCrMoから選択されることを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の高周波用磁性薄膜。

9. 前記第1の層は、その中に含有されるL元素の濃度が2～20at%であることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の高周波用磁性薄膜。

15 10. FeまたはFeCoを主成分とし、単層膜で飽和磁化が16kG(1.6T)以上の特性を有し、かつアスペクト比が1.4以下の柱状構造または非結晶質構造からなる第1の層と、

Coを主成分とし、単層膜で透磁率が1000以上(測定周波数: 10MHz)、飽和磁化が10kG(1.0T)以上、比抵抗が100μΩcm以上の特性を有する第2の層とが交互に積層していることを特徴とする複合磁性薄膜。

11. 高周波用磁性薄膜を有する磁気素子であって、

前記高周波用磁性薄膜は、T-L組成物(ただし、T=FeまたはFeCo、L=C, BおよびNの1種または2種以上)からなる第1の層と、前記第1の層のいずれかの面側に配置されたCo系非結晶質合金からなる第2の層とが交互に積層された多層膜であることを特徴とする磁気素子。

- 33 -

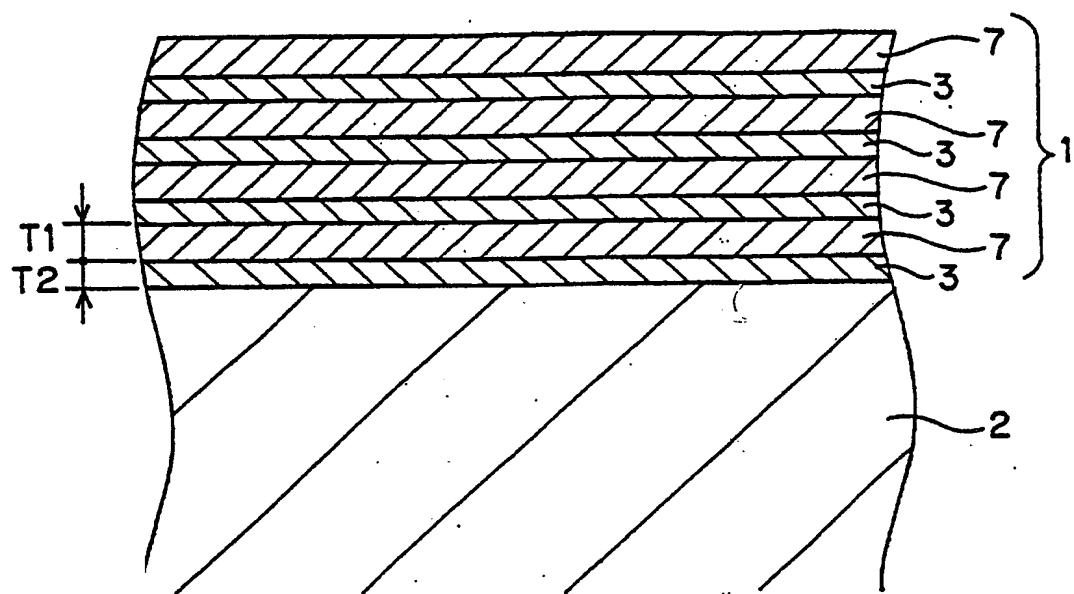
1 2. 前記磁気素子が、コイルを挟持するように対向配置された前記高周波用
磁性薄膜を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の磁気素子。

1 3. 前記磁気素子が、インダクタまたはトランスであることを特徴とする請
5 求項 1 2 に記載の磁気素子。

1 4. 前記磁気素子が、モノリシックマイクロ波集積回路に用いられるインダ
クタであることを特徴とする請求項 1 2 に記載の磁気素子。

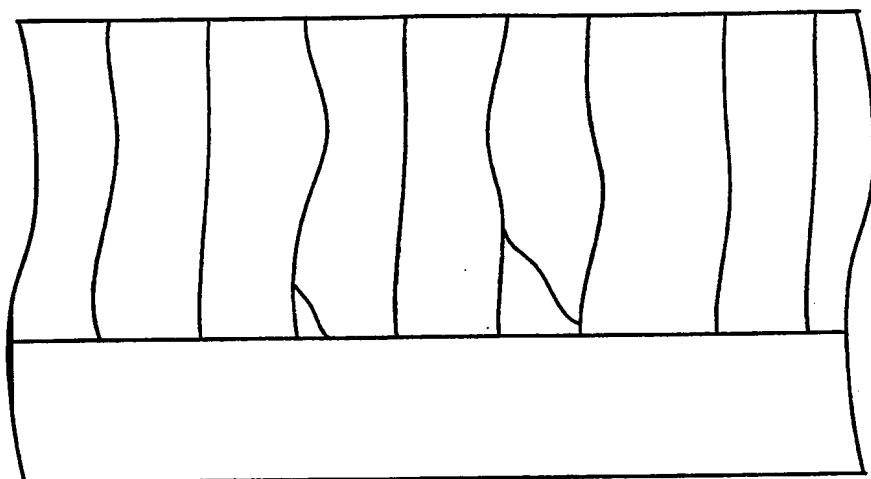
1/18

第 1 図

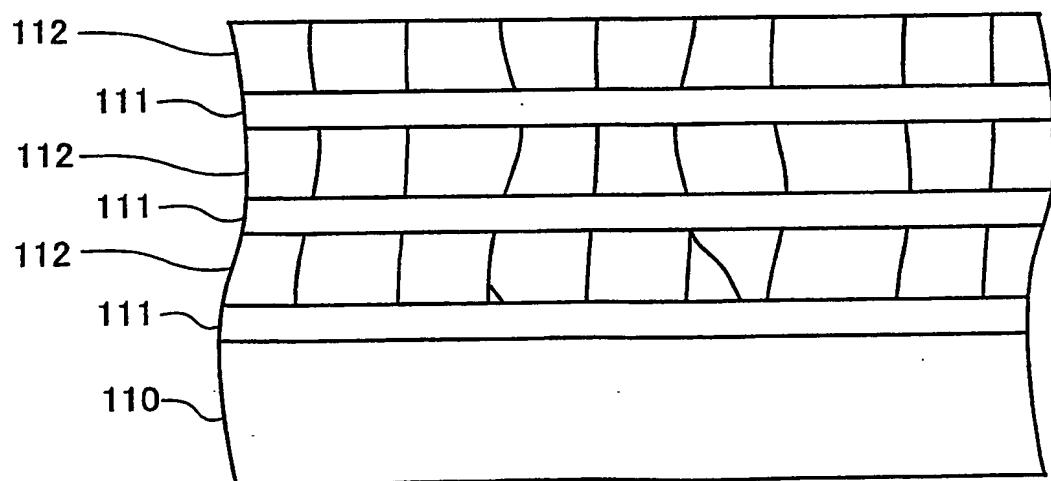


2/18

第 2 図

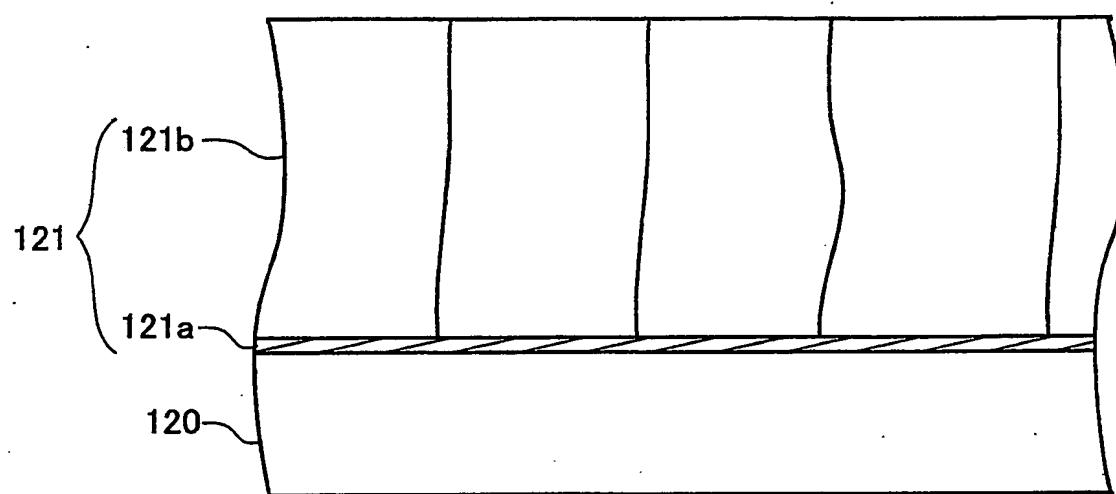


第 3 図



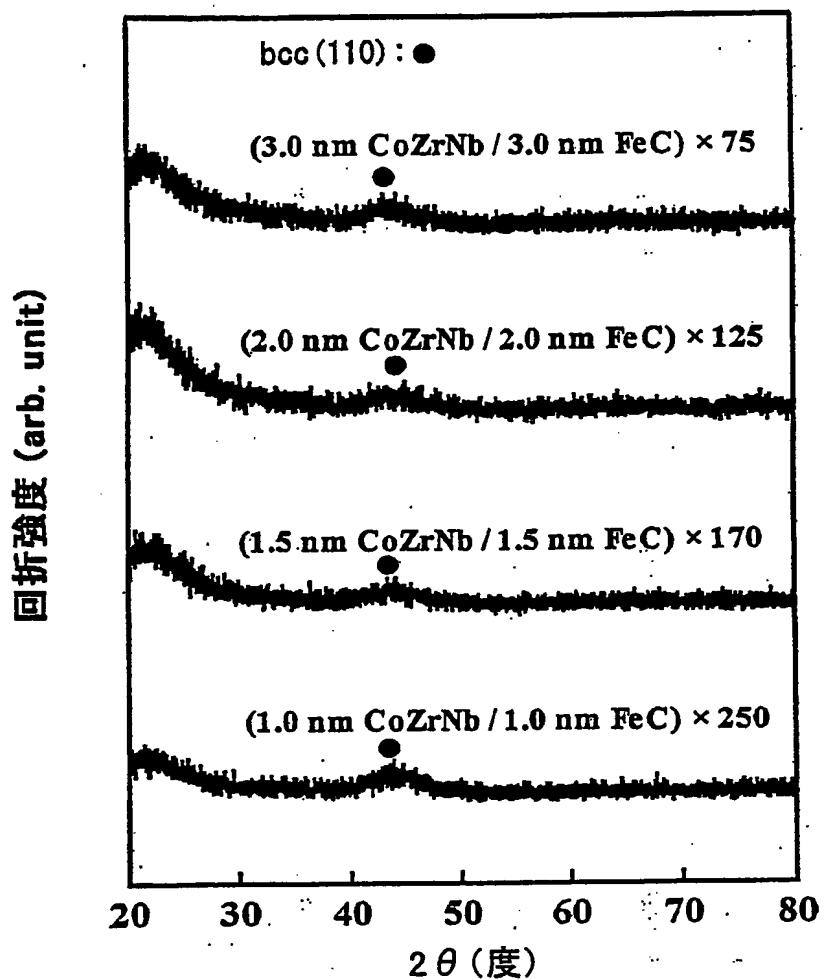
3/18

第 4 図



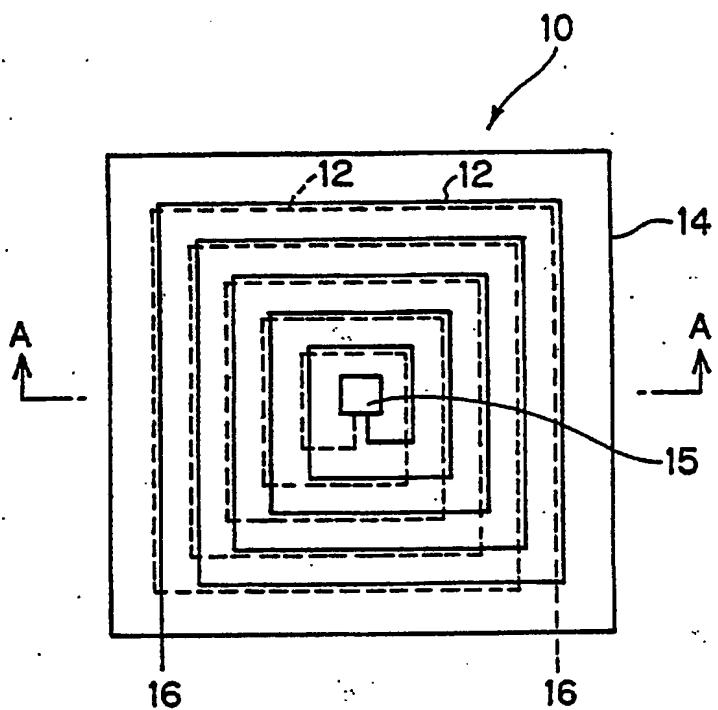
4/18

第 5 図

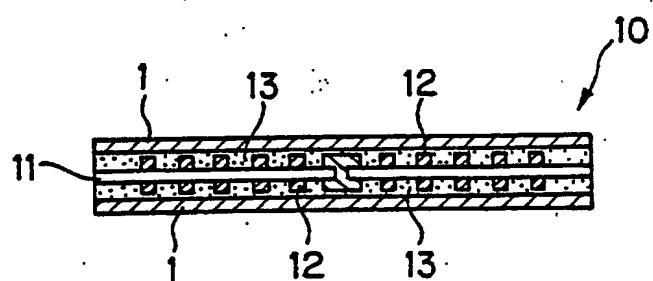


5/18

第 6 図

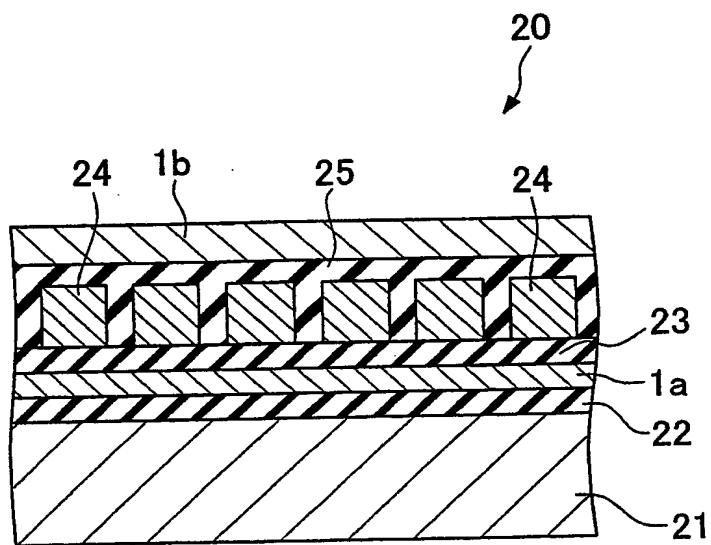


第 7 図



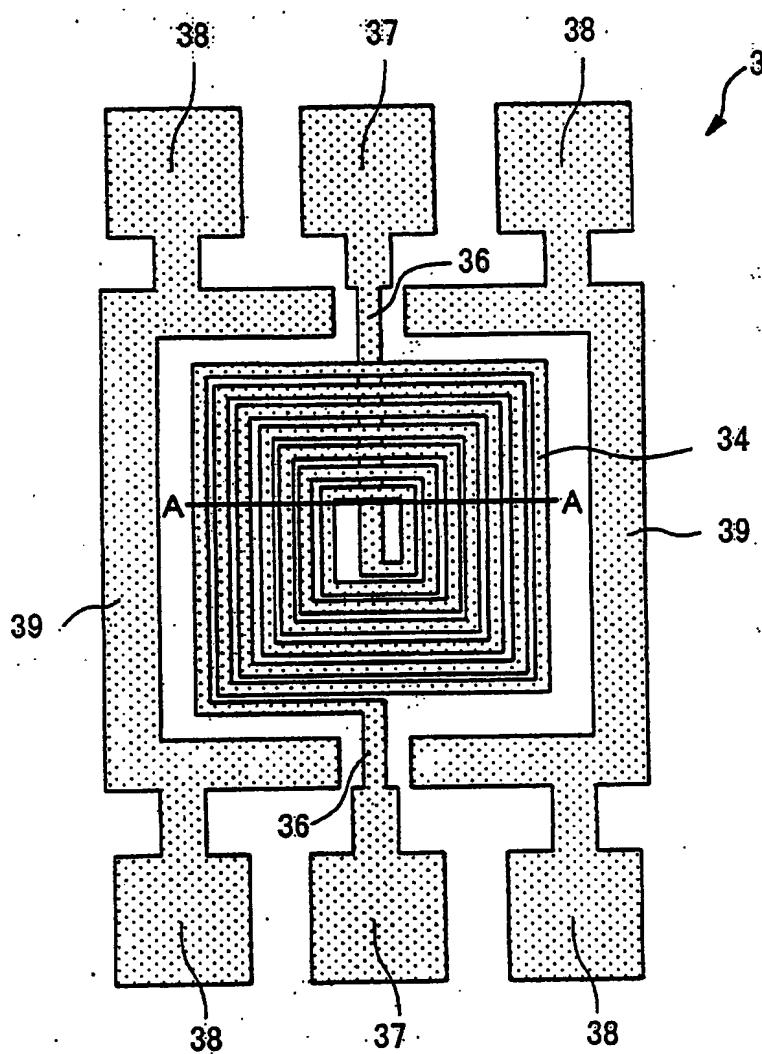
6/18

第 8 図



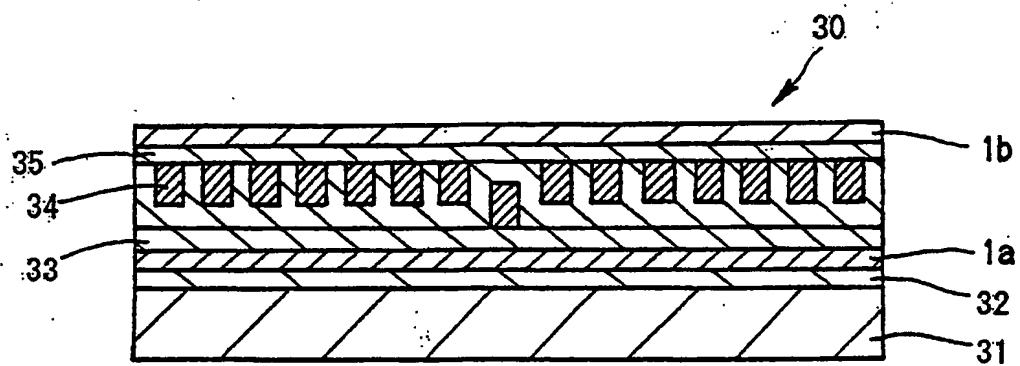
7/18

第 9 図



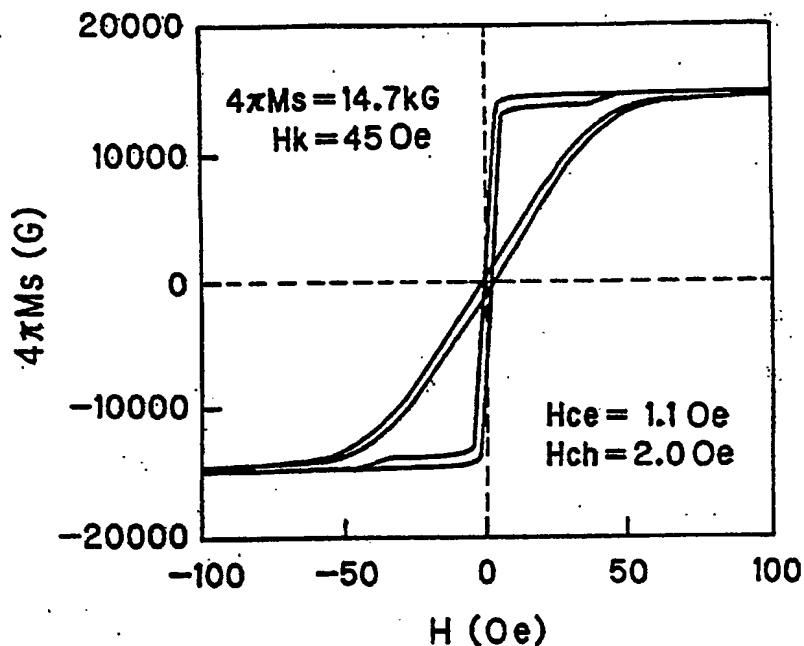
8/18

第 10 図

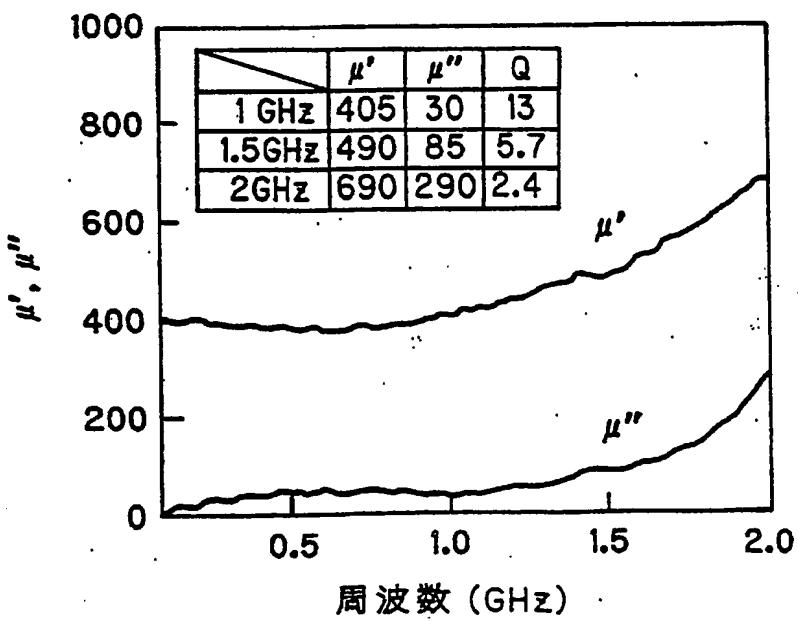


9/18

第 11 図

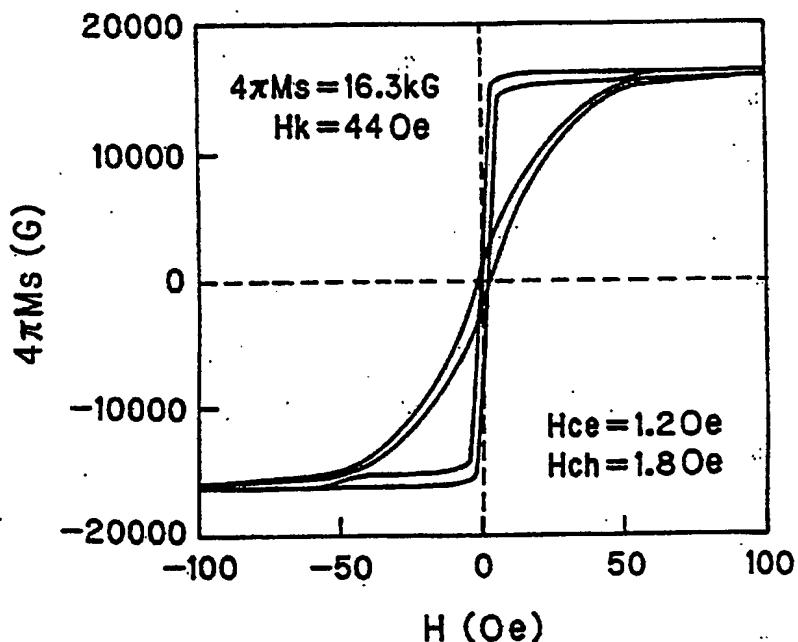


第 12 図

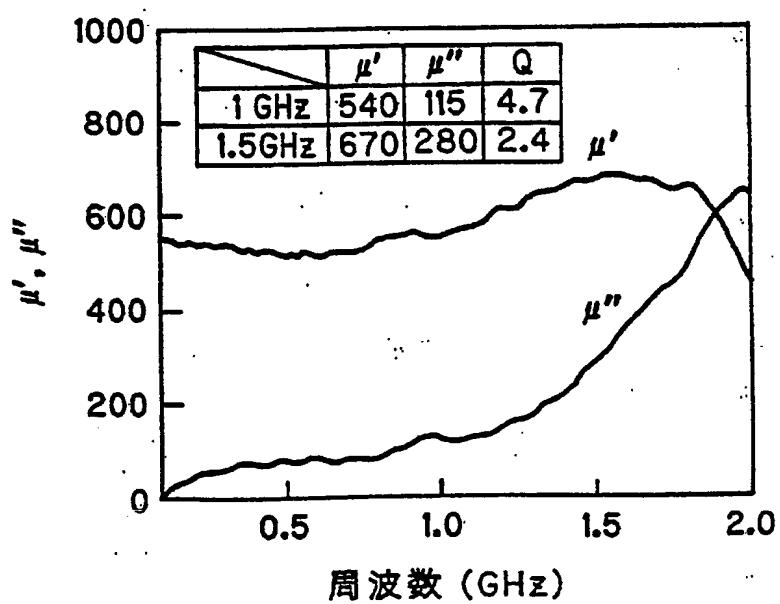


10/18

第 13 図

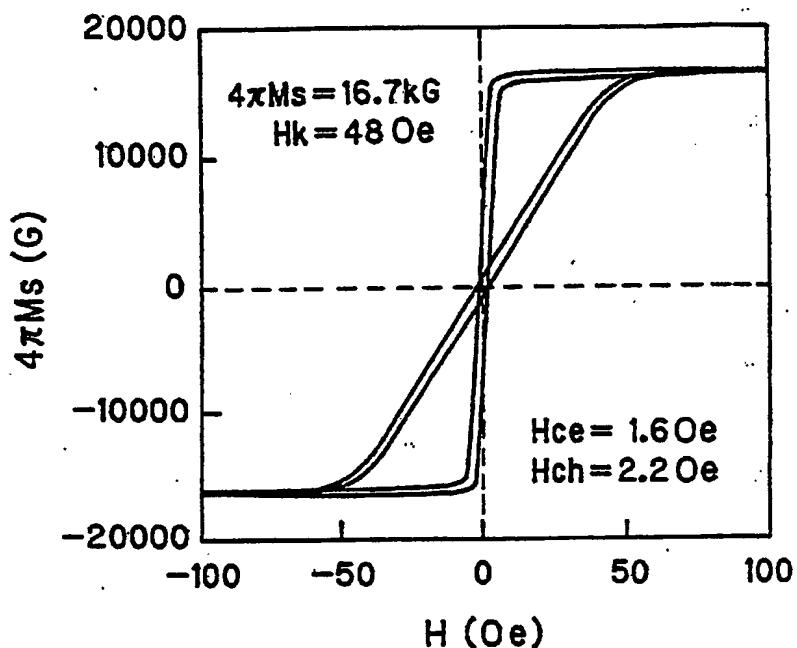


第 14 図

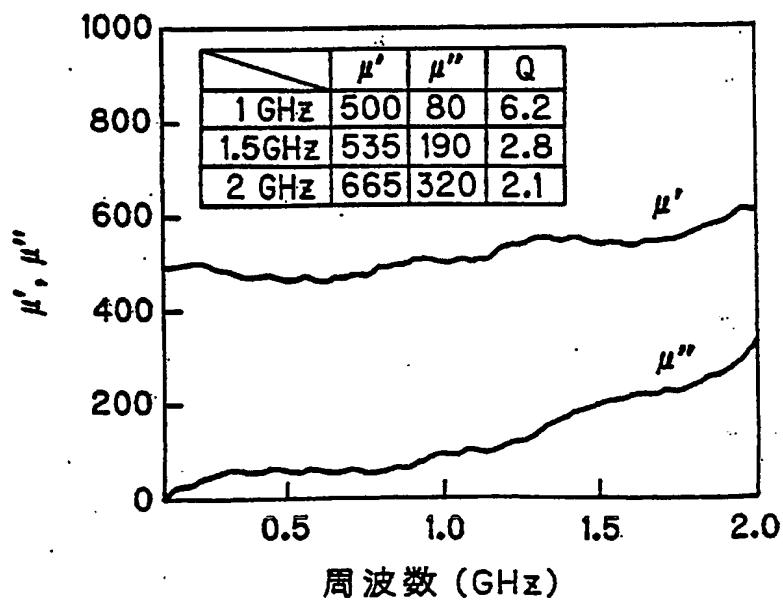


11/18

第 15 図

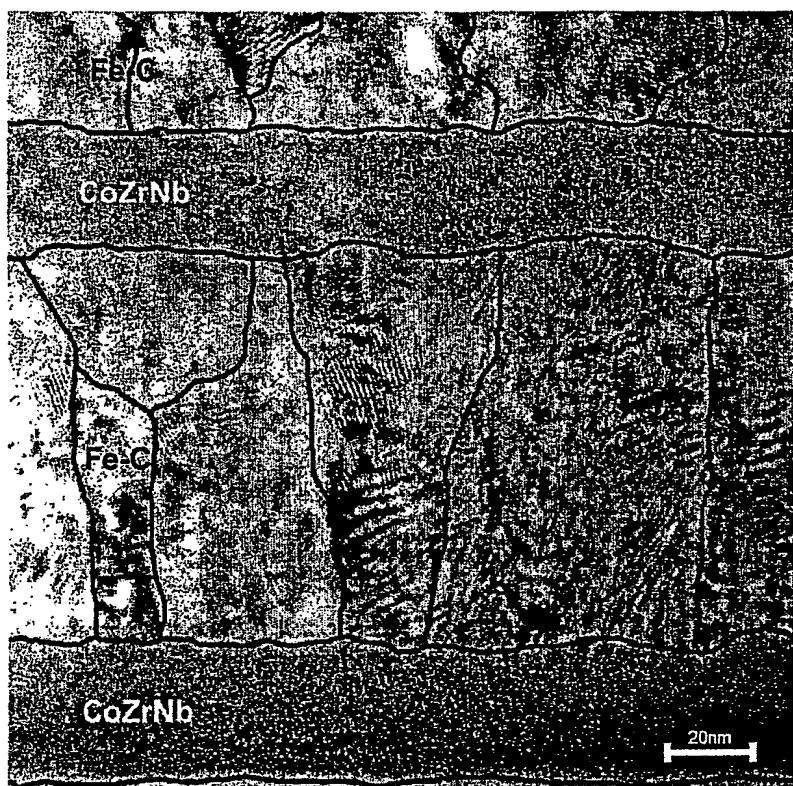


第 16 図



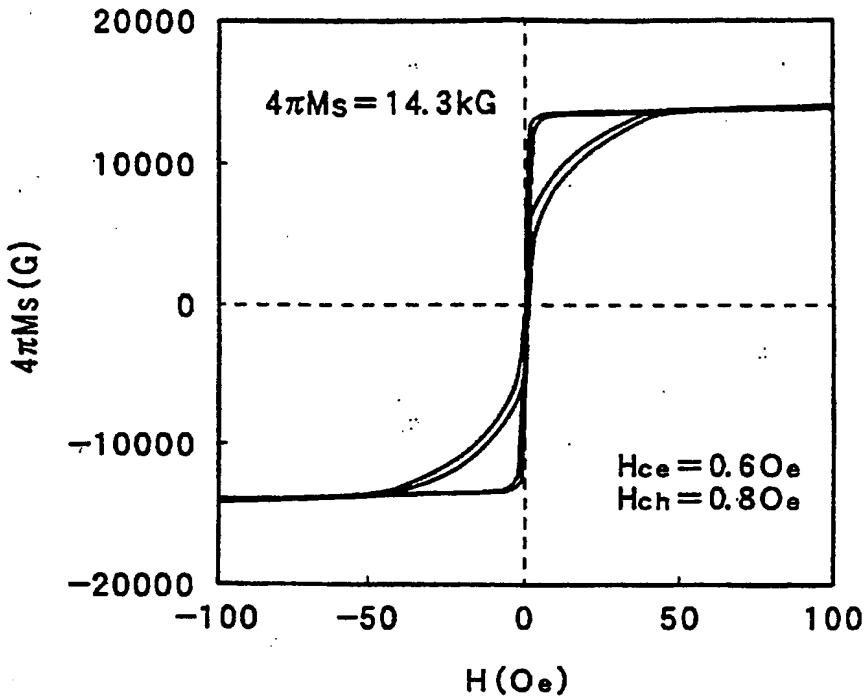
12/18

第 17 図

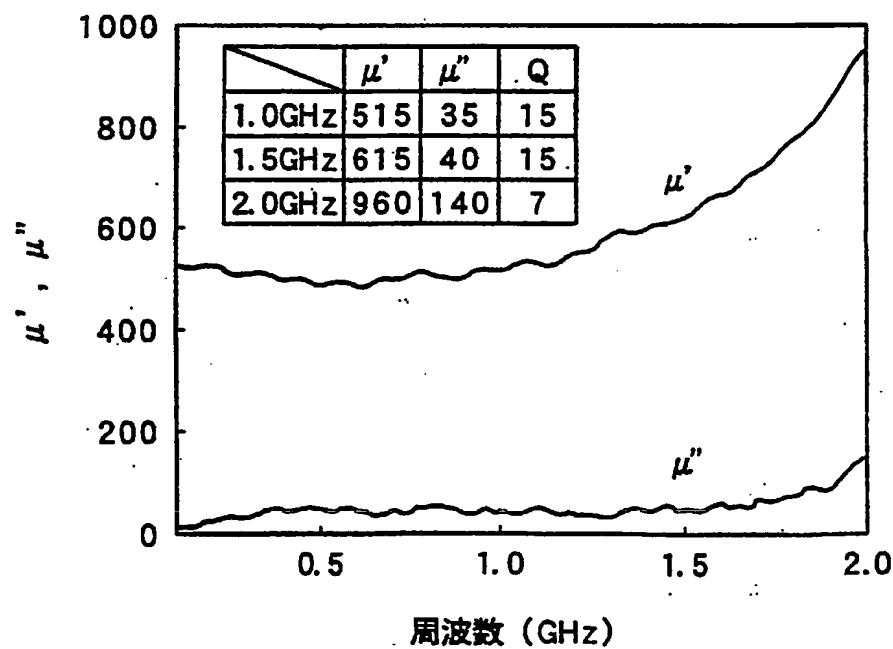


13/18

第 18 図

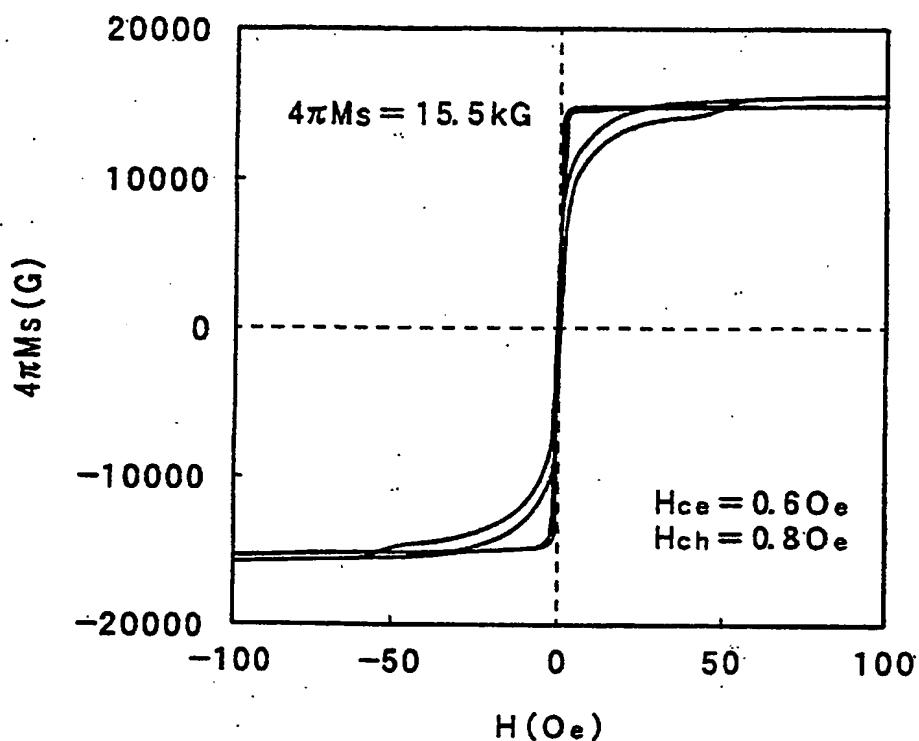


第 19 図

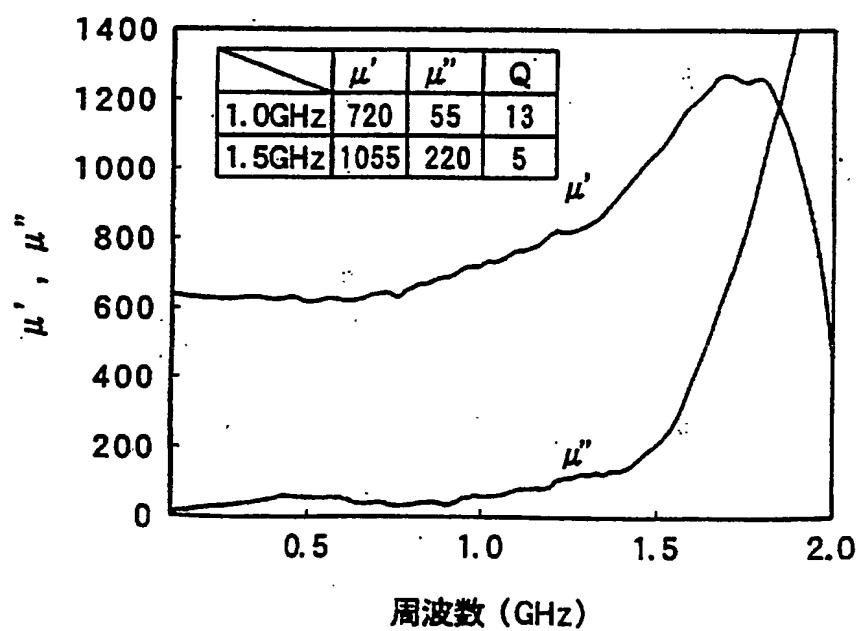


14/18

第 20 図

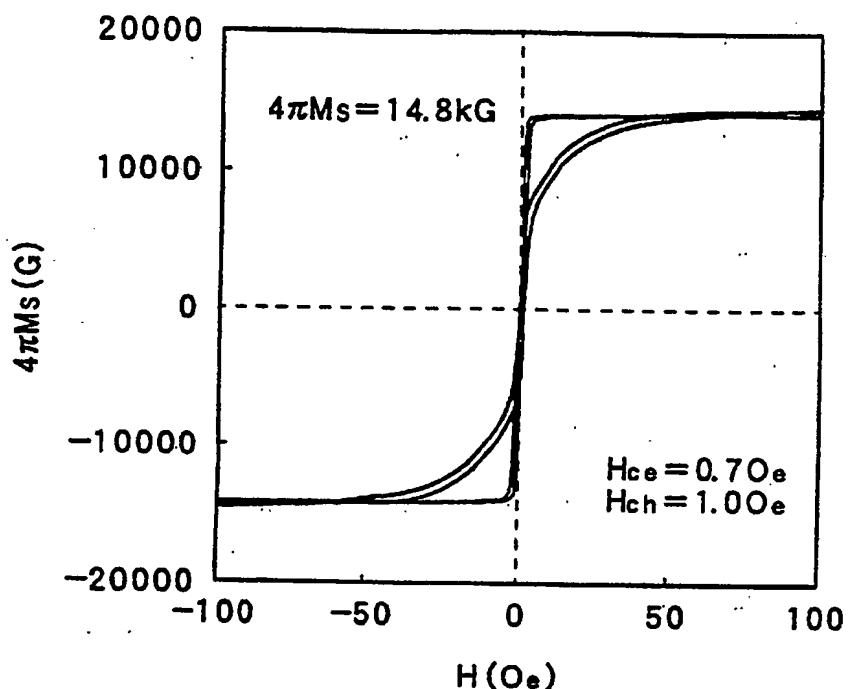


第 21 図

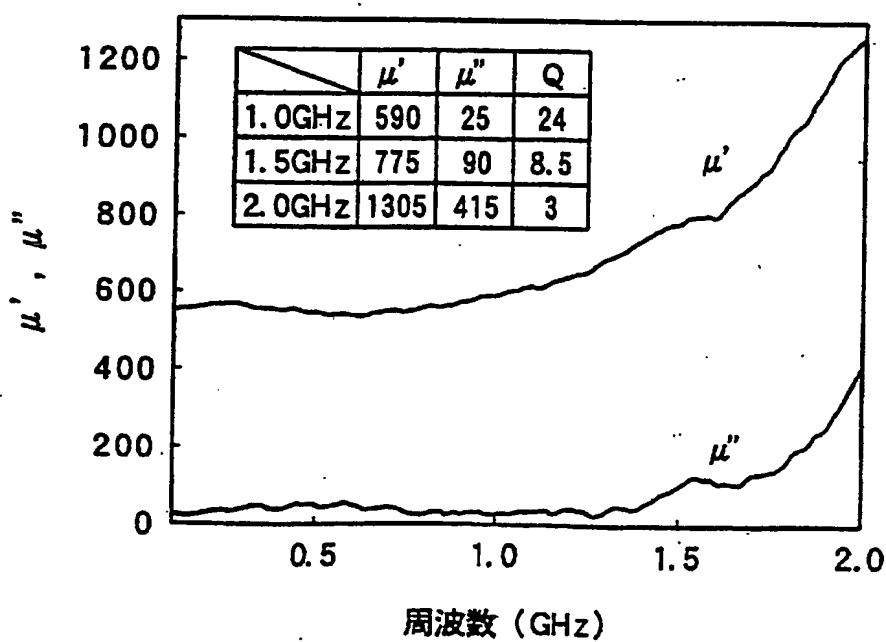


15/18

第 22 図



第 23 図



16/18

第 24 図

	磁性薄膜構成	T ₁ (nm)	T ₁ ／T ₂	飽和磁化 (T)	異方性磁界 (Oe)	共鳴 周波数(GHz)	μ' (at 1GHz)	μ'' (at 1GHz)	Q (at 1GHz)	比抵抗 ($\mu\Omega\text{cm}$)	保磁力 Hc(Oe)
実施例 1	(20nm CoZrNb/5nm Fe-C ₅) ×20	5	0.25	1.47	45	>>2.0	405	30	13	90	1.1
実施例 2	(20nm CoZrNb/20nm Fe-C ₅) ×13	20	1.00	1.63	44	>>2.0	540	115	4.7	60	1.2
実施例 3	(20nm CoZrNb/50nm Fe-C ₅) ×7	50	2.50	1.67	48	>>2.0	500	80	6.2	50	1.6
実施例 4	(20nm CoZrNb/2nm Fe-C ₅) ×20	2	0.10	1.25	20	1.5	900	700	1.3	100	1.1
実施例 5	(20nm CoZrNb/80nm Fe-C ₅) ×20	80	4.00	1.80	92	>>2.0	200	25	8	48	2.8
実施例 6	(20nm CoZrNb/5nm Fe-C ₇) ×20	5	0.25	1.47	42	>>2.0	410	30	14	90	1.0
実施例 7	(20nm CoZrNb/5nm Fe-C ₁₀) ×20	5	0.25	1.45	40	>>2.0	490	45	11	88	1.0
比較例 1	(20nm CoZrNb/50nm Fe) ×20	—	—	1.76	28	1.8	120	30	4	42	18.0
実施例 8	(20nm CoZrTa/5nm Fe-C ₅) ×20	5	0.25	1.49	44	>>2.0	455	40	11	85	1.1
実施例 9	(20nm CoFeZrB/5nm Fe-C ₅) ×20	5	0.25	1.47	48	>>2.0	410	35	12	105	1.2
比較例 2	500nm Co ₈₇ Zr ₅ Nb ₈	—	—	1.15	15	1.25	1091	1068	1	120	0.8
比較例 3	1000nm Co ₈₈ Zr ₆ Ta ₅	—	—	1.30	16	1.3	325	612	0.5	101	0.9
比較例 4	1000nm Co ₉₃ Fe ₃ Zr ₂ Ta ₁₀	—	—	1.10	36	1.8	327	191	1.7	125	1.1

17/18

第 25 図

	磁性薄膜構成	T ₁ (nm)	T ₁ / T ₂	飽和磁化 (T)	共鳴 周波数(GHz)	μ' (at 1GHz)	μ'' (at 1GHz)	Q (at 1GHz)	比抵抗 ($\mu\Omega\text{cm}$)	保磁力 H _{ce} (Oe)
実施例 10	(1.0nm CoZrNb/1.0nm Fe-C ₅) x 250	1.0	1.0	1.43	>>2.0	515	35	15	150	0.6
実施例 11	(1.5nm CoZrNb/1.5nm Fe-C ₅) x 170	1.5	1.0	1.55	~2.0	720	55	13	130	0.6
実施例 12	(1.0nm CoZrNb/2.0nm Fe-C ₆) x 170	2.0	2.0	1.48	>>2.0	590	25	24	145	0.7
実施例 13	(1.0nm CoZrNb/2.8nm Fe-C ₅) x 20	2.8	2.8	1.50	>>2.0	550	25	22	140	0.8
実施例 14	(0.8nm CoZrNb/2.8nm Fe-C ₅) x 140	2.8	3.5	1.58	>>2.0	400	25	16	140	0.9
実施例 15	(2.0nm CoZrNb/1.0nm Fe-C ₅) x 170	1.0	0.5	1.39	1.7	755	130	6	125	0.6
比較例 5	(1.0nm CoZrNb/1.0nm Fe) x 250	—	—	2.07	—	150	—	—	70	4.2
実施例 16	(1.0nm CoZrNb/1.0nm Fe-C ₇) x 250	1.0	1.0	1.41	>2.0	600	50	12	140	0.6
実施例 17	(1.0nm CoZrNb/1.0nm Fe-C ₁₀) x 250	1.0	1.0	1.40	~2.0	750	60	12	130	0.6
実施例 18	(1.0nm CoZrTa/1.0nm Fe-C ₆) x 250	1.0	1.0	1.44	>>2.0	520	35	15	150	0.6
実施例 19	(1.0nm CoFeZrB/1.0nm Fe-C ₅) x 250	1.0	1.0	1.50	>>2.0	530	30	17	140	0.6

第 26 図

	磁性薄膜構成	T1 (nm)	T1/T2	飽和磁化 (T)	異方性磁界 (Oe)	共鳴 周波数(GHz)	μ' (at 1GHz)	μ'' (at 1GHz)	Q (at 1GHz)	出抵抗 ($\mu\Omega$ cm)	保磁力 Hce (Oe)
実施例 20	(20nm CoZrNb/5nm FeCo-C ₅) ×20	5	0.25	1.65	45	>>2.0	420	30	14	91	1.3
実施例 21	(20nm CoZrNb/5nm Fe-B ₅) ×20	5	0.25	1.50	45	>>2.0	400	30	13	90	1.1
実施例 22	(20nm CoZrNb/5nm Fe-Co-B ₅) ×20	5	0.25	1.62	43	>>2.0	410	35	12	88	1.2
実施例 23	(20nm CoZrNb/5nm Fe-C ₅ -N ₅) ×20	5	0.25	1.51	40	>>2.0	420	35	12	93	1.0
実施例 24	(20nm CoZrNb/5nm Fe-Co-C ₅ -N ₅) ×20	5	0.25	1.62	40	>>2.0	400	25	16	92	1.1
実施例 25	(20nm CoZrNb/5nm FeCo-C ₂ -B ₂) ×20	5	0.25	1.62	43	>>2.0	410	35	12	89	1.1
実施例 26	(20nm CoZrNb/2nm FeCo-C ₅) ×20	2	0.10	1.51	42	>>2.0	380	30	13	85	1.0
実施例 27	(10nm CoZrNb/40nm FeCo-C ₅) ×20	40	4.00	1.80	102	>>2.0	350	30	12	48	1.9

特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2003年01月10日 (10.01.2003) 金曜日 12時17分02秒

VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て（規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v))	本国際出願に關し、 ティー・ディー・ケイ株式会社は、 本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。
VIII-5-1 (i)	開示の種類	その他：学会発表
VIII-5-1 (ii)	開示の日付：	2002年09月17日 (17.09.2002)
VIII-5-1 (iii)	開示の名称：	社団法人日本応用磁気学会
VIII-5-1 (iv)	開示の場所：	
VIII-5-1 (v)	本申立ては、次の指定国のため になされたものである。：	すべての指定国

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/00163

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01F10/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01F10/00-10/32, H01F41/14-41/34Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 6-69032 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 March, 1994 (11.03.94), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-4, 7-11 5-6, 12-14
Y	JP 2-143510 A (Research Institute For Production Development), 01 June, 1990 (01.06.90), Full text; Figs. 1 to 3 & US 5001018 A	5-6
Y	JP 7-29732 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 31 January, 1995 (31.01.95), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	12-14

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 April, 2003 (04.04.03)Date of mailing of the international search report
15 April, 2003 (15.04.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 H01F 10/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 H01F 10/00-10/32, H01F 41/14-41/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 6-69032 A (三菱電機株式会社) 1994. 03. 11, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-4, 7-11 5-6, 12-14
Y	JP 2-143510 A (財団法人生産開発科学研究所) 1990. 06. 01, 全文, 第1-3図 & US 5001018 A	5-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 04. 03

国際調査報告の発送日

15.04.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

山田 正文

5R

3142

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 7-29732 A (富士電機株式会社) 1995.01.31, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	12-14

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.